

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. März 2001 (01.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/14391 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C07F 15/02,  
15/06, C08F 4/70, 10/00, C07D 213/53, 401/14

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/07657

(22) Internationales Anmeldedatum:  
8. August 2000 (08.08.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
199 39 415.6 20. August 1999 (20.08.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): BASF AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
D-67056 Ludwigshafen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KRISTEN, Marc,  
Olivier [DE/DE]; Römerweg 15, D-67117 Limburg-  
erhof (DE). GONIOUKH, Andrei [RU/DE]; Salier-  
str. 11, D-67373 Dudenhofen (DE). LILGE, Dieter

[DE/DE]; Max-Planck-Str. 7, D-67117 Limburgerhof  
(DE). LEHMANN, Stephan [DE/DE]; Schlehengang  
7, D-67067 Ludwigshafen (DE). BILDSTEIN, Benno  
[AT/AT]; Hoettinger Au 72/17, A-6020 Innsbruck (AT).  
AMORT, Christoph [IT/IT]; St. Pauls Nr 57, I-39030  
Rodeneck (IT). MALAUN, Michael [AT/AT]; Brennwald  
454, A-6473 Wenns (AT).

(74) Gemeinsamer Vertreter: BASF AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; D-67056 Ludwigshafen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE).

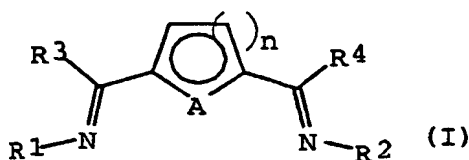
Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: BISIMIDINO COMPOUNDS AND THE TRANSITIONAL METAL COMPLEXES THEREOF AS WELL AS THE  
USE THEREOF AS CATALYSTS

(54) Bezeichnung: BISIMIDINOVERBINDUNGEN UND IHRE ÜBERGANGSMETALLKOMPLEXE SOWIE DEREN VER-  
WENDUNG ALS KATALYSATOREN



(57) Abstract: The invention relates to bisimidine compounds of general for-  
mula (I), wherein the symbols have the following meanings: A is a nonmetal  
selected from N, S, O and P; R<sup>1</sup> are radicals of the general formula NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup>;  
R<sup>2</sup> are radicals of the general formula NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup> or NR<sup>7</sup>R<sup>8</sup>, alkyl-, aryl- or cy-  
cloalkyl radicals; R<sup>5</sup> and R<sup>6</sup> together with the N-atom form a 5, 6 or 7 mem-  
bered ring, wherein one or more of the -CH- or -CH<sub>2</sub>-groups can be replaced  
by appropriate hetero-atom groups, said ring can be saturated, unsaturated and  
unsubstituted, substituted or can be annellated with additional carbacyclic or

heterocarbacyclic 5 or 6 membered rings which are saturated or unsaturated and substituted or unsubstituted; and R<sup>7</sup> and R<sup>8</sup> inde-  
pendently from one another are alkyl-, aryl- or cycloalkyl radicals; and n is 1 or 2. The invention also relates to a method for producing the same, to corresponding bisimidinato  
complexes, a method for the production thereof as well as to the use of said complexes in the polymerisation of unsaturated com-  
pounds.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Bisimidinoverbindungen der allgemeinen Formel (I), in der die Symbole die fol-  
gende Bedeutung haben: A Nichtmetall ausgewählt aus N, S, O und P, R<sup>1</sup> Reste der allgemeinen Formel NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup>, R<sup>2</sup> Reste der  
allgemeinen Formel NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup> oder NR<sup>7</sup>R<sup>8</sup>, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste, R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup> bilden gemeinsam mit dem N-Atom einen  
5-, 6- oder 7-gliedrigen Ring, in dem eine oder mehrere der -CH- oder -CH<sub>2</sub>-Gruppen durch geeignete Heteroatomgruppen ersetzt  
sein können, der gesättigt, ungesättigt und unsubstituiert oder mit weiteren carbacyclischen oder heterocarbacyclischen  
5- oder 6-gliedrigen Ringen, die ihrerseits gesättigt oder ungesättigt und substituiert oder unsubstituiert sein können, anelliert sein  
kann, und R<sup>7</sup> und R<sup>8</sup> unabhängig voneinander Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste, und R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup> unabhängig voneinander H, Alkyl-,  
Aryl- oder Cycloalkylreste, und n 1 oder 2, ein Verfahren zu deren Herstellung, entsprechende Bisimidinato-Komplexe, Verfahren  
zu deren Herstellung sowie dem Einsatz der Komplexe in der Polymerisation ungesättigter Verbindungen.

WO 01/14391 A1



**BISIMIDINOVERBINDUNGEN UND IHRE ÜBERGANGSMETALLKOMPLEXE SOWIE DEREN VERWENDUNG ALS KATALYSATOREN**

- 5 Die Erfindung betrifft Bisimidin-Verbindungen, ein Verfahren zu deren Herstellung, Bisimidinato-Komplexe als Katalysatoren, Verfahren zu deren Herstellung sowie deren Einsatz in der Polymerisation ungesättigter Verbindungen.
- 10 Es besteht großes Interesse an der Entwicklung neuartiger Familien von Katalysatoren für die Polymerisation ungesättigter Verbindungen, um eine bessere Kontrolle über die Eigenschaften von Polyolefinen oder weitere neuartige Produkte zu erhalten.
- 15 Die Verwendung von Übergangsmetallverbindungen als katalytisch aktive Substanzen zur Polymerisation ungesättigter Verbindungen ist seit langem bekannt. Beispielsweise werden Ziegler-Natta- oder Phillips-Katalysatoren kommerziell zur Synthese von Polyolefinen eingesetzt. Seit neuerer Zeit werden Metallocene als Polymerisationskatalysatoren eingesetzt, die sich durch hohe Aktivitäten auszeichnen. Mit Hilfe der Metallocene sind Polymere mit enger Molekulargewichtsverteilung und Copolymere mit gleichmäßigem Comonomereinbau zugänglich.
- 20
- 25 Die Metallocenkatalysatoren haben jedoch für den großtechnischen Einsatz Nachteile. Sie sind beispielsweise gegenüber Verunreinigungen in kommerziell erhältlichen Monomeren, im Prozeßgas und den eingesetzten Lösungsmitteln und gegen Hydrolyse sehr empfindlich. Des weiteren ist der Preis für Metallocene mit Zirkon als
- 30 Zentralmetall sehr hoch.

Seit einiger Zeit ist bekannt, daß neuartige Eisen- und Cobaltkomplexe, die Bisimidin-Liganden tragen, als Katalysatoren in der Polymerisation ungesättigter Verbindungen sehr aktiv sind.

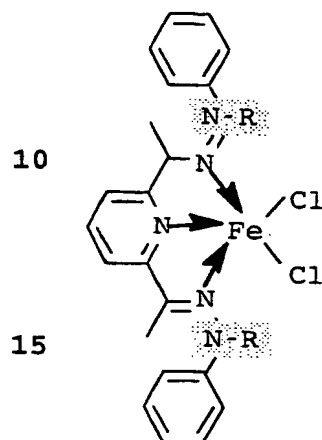
35

- In V. C. Gibson et al., Chem. Commun. 1998, 849-850 und M. Brookhart et al., J. Am. Chem. Soc. 1998, 120, 4049-4050, sind neue Olefin-Polymerisationskatalysatoren auf Basis von Fe(II) und Co(II) offenbart. Diese Katalysatoren tragen 2,6-Bis(imino)pyridyl-Liganden, die an den Iminostickstoffatomen aryl-substituiert sind, und zeigen hohe Aktivitäten in der Polymerisation von Ethylen. Das erhaltene Polyethylen ist im wesentlichen linear und das Molekulargewicht ist stark abhängig von den Substituenten am Arylrest.
- 40

45

In WO 99/12981 sind Bisimidinato-Komplexe, deren Synthese sowie deren Einsatz in der Polymerisation ungesättigter Verbindungen beschrieben. Es sind zahlreiche Komplexe mit einer Reihe unterschiedlicher Reste offenbart.

5



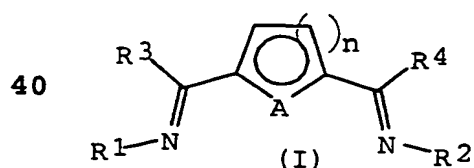
A

- 20 Beispiel 30 und 31 offenbaren Komplexe der Formel A mit  $R = CH_3$  und  $C_6H_5$ . Die gezeigten Aktivitäten bei der Polymerisation von Ethylen sind jedoch für technische Anwendungen viel zu gering.

- Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, neue Komplexe mit einem Metall der Gruppen 7, 8, 9 und 10 des Periodensystems der Elemente (spätes Übergangsmetall) als Zentralmetall für die Polymerisation ungesättigter Verbindungen bereitzustellen, die bei der Polymerisation Polymere mit Verzweigungen liefern.

- 30 Diese Aufgabe untergliedert sich in die Bereitstellung eines Ligandensystems für diesen Katalysator, sowie ein Verfahren zur Herstellung dieses Ligandensystems und die Bereitstellung eines Verfahrens zur Herstellung des entsprechenden Katalysators.

- 35 Diese Aufgabe wird gelöst durch Verbindungen der allgemeinen Formel (I)



- in der die Symbole die folgende Bedeutung haben

45

- A Nichtmetall ausgewählt aus N, S, O und P

R<sup>1</sup>       Reste der allgemeinen Formel NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup>,

R<sup>2</sup>       Reste der allgemeinen Formel NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup> oder NR<sup>7</sup>R<sup>8</sup>, wobei R<sup>5</sup>  
bis R<sup>8</sup> ausgewählt werden aus Alkyl-, Aryl- oder Cyclo-  
alkylresten, und wobei

R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup> gemeinsam mit dem N-Atom einen 5-, 6- oder 7-gliedrigen  
Ring bilden, in dem eine oder mehrere der -CH- oder -  
CH<sub>2</sub>-Gruppen durch geeignete Heteroatomgruppen ersetzt  
sein können, der gesättigt, ungesättigt und unsubsti-  
tuiert, substituiert oder mit weiteren carbacyclischen  
oder heterocarbacyclischen 5- oder 6-gliedrigen Ringen,  
die ihrerseits gesättigt oder ungesättigt und substi-  
tuiert oder unsubstituiert sein können, anelliert sein  
kann,

und

R<sup>7</sup> und R<sup>8</sup> unabhängig voneinander Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylre-  
ste,

und

R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>    unabhängig voneinander H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkyl-  
reste,

und

n       1 oder 2.

Die erfindungsgemäßen Bisimidine zeichnen sich dadurch aus, daß  
sie mindestens eine Stickstoff-Stickstoff-Bindung zwischen minde-  
stens einem der beiden Imin-Stickstoffatome als [=N-NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup>] aufwei-  
sen, wobei die Substituenten R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup> gemeinsam einen cyclischen  
Substituenten bilden.

Diese Verbindungen sind insbesondere als Ligandsysteme zur Her-  
stellung von neuartigen, effizienten Katalysatorsystemen zur Po-  
lymerisation oder Copolymerisation ungesättigter Verbindungen  
geeignet. Diese neuen Liganden sind leicht herstellbar und ermög-  
lichen eine große Variationsbreite der Reste. Damit ist dieses  
System sehr variabel und erlaubt das Maßschneidern von Ligand-  
und Komplexsystemen für verschiedene Einsatzzwecke. Mit Hilfe von  
Verbindungen der allgemeinen Formel (I) als Ligandsystem sind  
hochaktive Katalysatoren für die Polymerisation ungesättigter  
Verbindungen zugänglich.

Vorstehend und im Folgenden sind unter Alkylresten im allgemeinen lineare oder verzweigte C<sub>1</sub>- bis C<sub>20</sub>-Alkylreste zu verstehen, bevorzugt C<sub>1</sub>- bis C<sub>10</sub>-Alkylreste, besonders bevorzugt C<sub>1</sub>- bis C<sub>8</sub>-Alkylreste. Diese Alkylreste können heteroatomsubstituiert sein.

- 5 Geeignete Alkylreste sind beispielsweise Methyl-, i-Propyl-, t-Butyl-, Trifluormethyl- und Trimethylsilylreste.

- Unter Arylresten sind im allgemeinen unsubstituierte und substituierte C<sub>6</sub>- bis C<sub>20</sub>-Arylreste (die Zahl der Kohlenstoffatome bezieht sich dabei auf die Kohlenstoffatome im Arylrest) zu verstehen, bevorzugt C<sub>6</sub>- bis C<sub>14</sub>-Arylreste, die unsubstituiert oder einfach oder mehrfach substituiert sein können, ganz besonders bevorzugt sind mit C<sub>1</sub>- bis C<sub>6</sub>-Alkylresten substituierte C<sub>6</sub>- bis C<sub>10</sub>-Arylreste wie 4-Methylphenyl, 2,6-Dimethylphenyl, 2,6-Diethylphenyl, 2,6-Diisopropylphenyl, 2-tert.-Butyl-phenyl, 2,6-Di(tert.-butyl)-phenyl oder 2-i-Propyl-6-methylphenyl. Die Arylreste können auch mit Heteroatomen, z.B. mit F substituiert sein.

- 20 Unter Cycloalkylresten sind im allgemeinen C<sub>5</sub>- bis C<sub>8</sub>-Cycloalkylreste zu verstehen (die Zahl der Kohlenstoffatome bezieht sich dabei auf die Kohlenstoffatome im Cycloalkylring), die unsubstituiert oder ein- oder mehrfach mit Alkyl- oder Arylresten oder Heteroatomen substituiert sein können. Bevorzugt sind C<sub>5</sub>- bis C<sub>6</sub>-Cycloalkylreste.

- Gemäß der vorliegenden Erfindung bilden R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup> gemeinsam mit dem N-Atom einen 5-, 6- oder 7-gliedrigen Ring, in dem eine oder mehrere der -CH- oder -CH<sub>2</sub>-Gruppen durch geeignete Heteroatomgruppen ersetzt sein können. Geeignete Heteroatomgruppen sind darin bevorzugt -N- bzw. -NH-Gruppen. Besonders bevorzugt sind keine bis 3 -CH- oder -CH<sub>2</sub>-Gruppen durch -N- oder -NH-Gruppen ersetzt.

- Der 5-, 6- oder 7-gliedrige Ring kann gesättigt oder ungesättigt sein. Dabei kann der Ring ein- oder mehrfach ungesättigt sein. Bevorzugt sind ungesättigte 5-gliedrige Ringe. Unter ungesättigten Ringen sollen auch, im Falle der 5-gliedrigen Ringe, aromatische Ringe wie unsubstituierte oder substituierte Pyrrolreste und Derivate davon, die besonders bevorzugt sind, verstanden werden.

- Der 5-, 6- oder 7-gliedrige Ring kann unsubstituiert, substituiert oder mit weiteren carbacyclischen oder heterocarbacyclischen 5- oder 6-gliedrigen Ringen, die ihrerseits gesättigt oder ungesättigt und substituiert oder unsubstituiert sein können, anelliert sein.

Unter carbacyclischen Ringen sind solche Ringe zu verstehen, die ein reines Kohlenstoffgerüst aufweisen. In den heterocarbacyclischen Ringen sind ein- oder mehrere  $-CH_2-$  oder  $-CH-$  Gruppen durch Heteroatome, bevorzugt  $-NH-$  oder  $-N-$ Gruppen, ersetzt. Besonders 5 bevorzugt sind carbacyclischen Ringe oder heterocarbacyclische Ringe mit einem Stickstoffatom im Ringsystem.

Als Substituenten in diesen carbacyclischen und heterocarbacyclischen 5- oder 6-gliedrigen Ringen kommen die vorstehend genannten 10 Alkyl-, Aryl oder Cycloalkylreste in Frage. Die Ringe können ein- oder mehrfach substituiert sein. Dabei ist 1- bis 3-fache Substitution bevorzugt. Das Ringsystem kann des weiteren ortho- oder ortho- und peri-anelliert sein. Bevorzugt ist das System ortho-anelliert, wobei besonders bevorzugt 1 bis 2 Phenylreste an den 15 zentralen 5- oder 6-Ring anelliert sind, wie Indol, Carbazol und Derivate davon.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der durch die allgemeine Formel  $NR^5R^6$  beschriebene Ring 5-gliedrig. Ganz besonders 20 bevorzugt ist ein nicht anellierter 5-Ring, insbesondere ein Pyrrolrest oder ein von Pyrrol abgeleiteter Rest, worin keine, eine oder mehrere, bevorzugt 0 bis 3, besonders bevorzugt 0 oder 2  $-CH-$ Gruppen im Pyrrolring durch Stickstoff ausgetauscht sein können. Beispiele dafür sind das Pyrrol- und das Triazol-System. 25 Besonders bevorzugt sind Pyrrolreste oder von Pyrrol abgeleitete Reste, die in der 2- und 5-Position substituiert sind mit:  $C_1-$  bis  $C_6$ -Alkylgruppen, die linear, verzweigt und mit Heteroatomen - substituiert sein können, elektronenziehende Reste wie Halogen, Nitro, Sulfonat oder Trihalogenmethyl substituiert sind.

30 Unter den Sulfonatresten kommen insbesondere  $SO_3R^*$ ,  $SO_3Si(R^*)_3$ , und  $SO_3^-(HN(R^*)_3)^+$  in Frage. Besonders geeignet unter diesen sind jeweils  $SO_3Me$ ,  $SO_3SiMe_3$  und  $SO_3^-(HNEt_3)^+$ . Unter den Trihalogenmethylresten sind Trifluor, Trichlor und Tribrommethyl, insbesondere 35 besondere Trifluormethyl besonders geeignet. Besonders geeignete ortho-Substituenten sind Halogenreste wie der Fluor-, Chlor-, Brom- oder Iodrest. Bevorzugt werden Chlor- oder Bromreste als ortho-Substituenten eingesetzt. Des weiteren sind die jeweiligen ortho-Positionen bevorzugt mit identischen Resten besetzt. Aryl- 40 gruppen, die unsubstituiert oder ihrerseits mit  $C_1-$  bis  $C_6$ -Alkylgruppen, die heteroatomsubstituiert sein können, substituiert sind. Bevorzugte Substituenten in der 2- und 5-Position des Pyrrolrings oder eines Derivates davon, bevorzugt Triazol, sind Methyl-, i-Propyl-, t-Butyl-, Phenyl-, substituierte Arylreste, wie 45 sie vorstehend definiert sind.

Gemäß der vorliegenden Erfindung können  $R^3$  und  $R^4$  in der allgemeinen Formel (I) unabhängig voneinander H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste sein, wobei bevorzugte Reste vorstehend definiert sind. Ganz besonders bevorzugt sind  $R^3$  und  $R^4$  unabhängig voneinander H oder  $CH_3$ .

Gemäß der vorliegenden Erfindung kann  $R^*$  H, Alkyl, Aryl oder Gerbalkyl sein, wobei bevorzugte Reste vorstehend definiert sind. Ganz besonders bevorzugt ist  $R^*$ ,  $CH_3$  oder H.

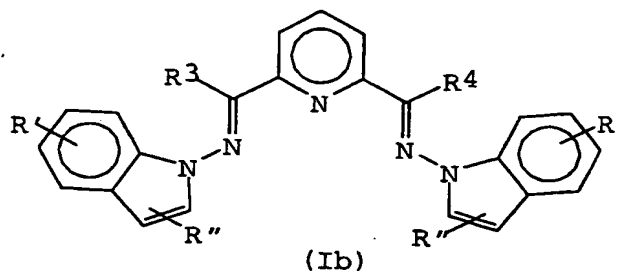
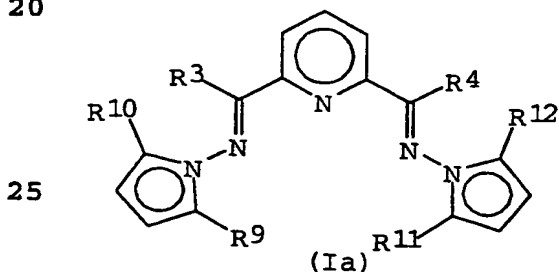
10

Bevorzugt werden Verbindungen der allgemeinen Formel (I) eingesetzt, in denen  $A = N$  oder  $S$  ist. Besonders bevorzugt ist  $A = N$ . Der zentrale Ring ist bevorzugt ein 6-gliedriger Ring, d.h.  $n$  ist bevorzugt 2. Somit sind Pyridinbisimidin-Systeme ganz besonders

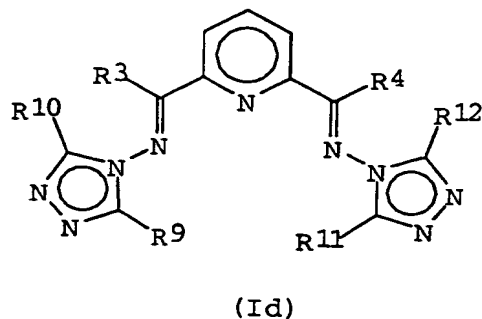
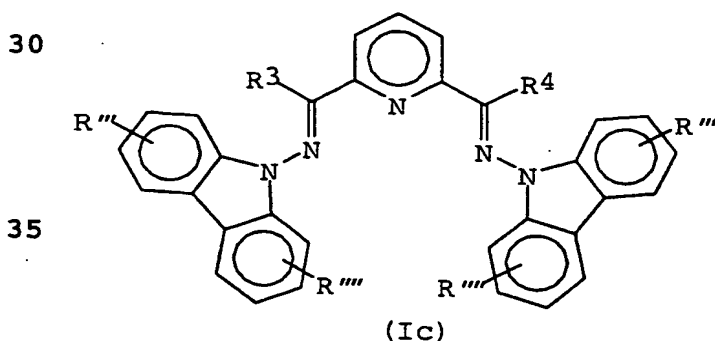
15

Bevorzugt sind Verbindungen der allgemeinen Formel (Ia) bis (Id):

20



30

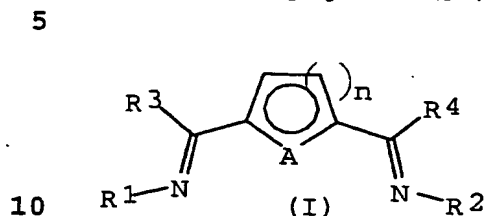


40 worin  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^9$  und  $R^{10}$  unabhängig voneinander  $C_1$ - bis  $C_{20}$ -Alkylreste, die linear oder verzweigt sein können, bevorzugt  $C_1$ - bis  $C_{10}$ -Alkylreste, besonders bevorzugt  $C_1$ -bis  $C_8$ -Alkylreste bedeuten. Diese Alkylreste können heteroatomsubstituiert sind. Geeignete Alkylreste sind beispielsweise Methyl-, i-Propyl-, t-Butyl-, Tri-  
45 fluormethyl- und Trimethylsilylreste. Die Reste  $R'$ ,  $R''$ ,  $R'''$  und



R' ' ' ' sind H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste, wie vorstehend definiert.

Die erfindungsgemäßen Verbindungen der allgemeinen Formel (I)



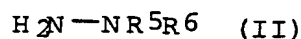
worin

- 15
- R<sup>1</sup>       Reste der allgemeinen Formel NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup>,
- R<sup>2</sup>       Reste der allgemeinen Formel NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup>, NR<sup>7</sup>R<sup>8</sup> oder Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste,

bedeuten und die anderen Symbole die vorstehenden Bedeutungen ha-  
 20 ben, werden im allgemeinen durch Kondensation der entsprechenden Aminoverbindungen mit den entsprechenden Diketoverbindungen, wie 2,5-Diformylthiophen oder 2,6-Diacetylpyridin, hergestellt. Sie sind synthetisch sehr gut zugänglich und es ist möglich, eine große Zahl verschiedener Verbindungen der allgemeinen Formel (I)  
 25 in guten Ausbeuten zu synthetisieren.

Dabei ist das bevorzugte Herstellverfahren abhängig von der ge-  
 wünschten Verbindung der allgemeinen Formel (I). Im Folgenden  
 sind bevorzugte Ausführungsformen zur Herstellung von symmetri-  
 30 schen Verbindungen der allgemeinen Formel I, worin R<sup>1</sup> = R<sup>2</sup> = NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup> ist, und unsymmetrischen Verbindungen der allgemeinen Formel I, worin R<sup>1</sup> ≠ R<sup>2</sup> ist und R<sup>2</sup> ein Rest der allgemeinen Formel NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup>, der sich von dem in R<sup>1</sup> unterscheidet, ein Rest der allgemeinen Formel NR<sup>7</sup>R<sup>8</sup> oder ein Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylrest ist, be-  
 35 schrieben.

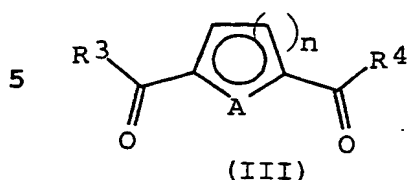
In einer bevorzugten Ausführungsform werden symmetrische Verbin-  
 dungen der allgemeinen Formel (I), worin R<sup>1</sup> = R<sup>2</sup> ist, durch Umset-  
 40 zung von Verbindungen der allgemeinen Formel (II)



worin

- 45
- R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup> die vorstehenden Bedeutungen haben,

mit Diketoverbindungen der allgemeinen Formel (III) hergestellt,



10 worin

$R^3$ ,  $R^4$  unabhängig voneinander H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste sind, und

15 A S, N, O oder P ist, und

n 1 oder 2 ist.

Das Verfahren ist einstufig und wird unter sauren Reaktionsbedin-  
 20 gungen durchgeführt, bevorzugt unter Zugabe einer Mineralsäure oder einer organischen Säure, besonders bevorzugt Ameisensäure, in alkoholischen Lösungsmitteln, bevorzugt in Methanol. Alternativ kann das Verfahren unter Aluminiumtrialkyl-Katalyse durchgeführt werden, wobei bevorzugt Trimethylaluminium eingesetzt wird,  
 25 in einem aprotischen Lösungsmittel, bevorzugt in Toluol. Das Verhältnis der Verbindung der allgemeinen Formel (II) zu der Verbindung der allgemeinen Formel (III) beträgt 2 : 0,7 bis 1,3, bevorzugt 2 : 0,9 bis 1,1, besonders bevorzugt 2 : 1. Dabei ist die Umsetzung unter sauren Bedingungen in Methanol/Ameisensäure im  
 30 allgemeinen bevorzugt.

Im allgemeinen wird die Kondensation bei Temperaturen von 0 bis 100°C durchgeführt, bevorzugt von 15 bis 80°C, besonders bevorzugt von 20 bis 40°C. Die Reaktionsdauer beträgt im allgemeinen 20 Min.  
 35 bis 48 h, bevorzugt 1 h bis 16 h, besonders bevorzugt 2 h bis 14 h. Die genauen Reaktionsbedingungen sind von den jeweils eingesetzten Verbindungen abhängig. Bei Verbindungen der allgemeinen Formeln (II) und (III), die nur langsam zu den gewünschten Verbindungen der allgemeinen Formel (I) kondensieren, ist gegebenen-  
 40 falls eine Umsetzung unter Aluminiumtrialkyl-Katalyse in aprotischen Lösungsmitteln bevorzugt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden die unsymmetrischen 1,2-Diimine der allgemeinen Formel (I), worin  $R^1 \neq R^2$   
 45 ist, in einem zweistufigen Verfahren hergestellt, in dem:

a) in einer ersten Stufe Verbindungen der allgemeinen Formel (II)



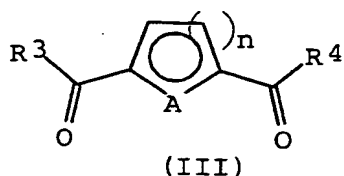
worin

$\text{R}^5$  und  $\text{R}^6$  die vorstehenden Bedeutungen haben,

10 mit Diketoverbindungen der allgemeinen Formel (III)

mit Diketoverbindungen der allgemeinen Formel (III) hergestellt,

15



20

worin

25  $\text{R}^3$ ,  $\text{R}^4$  unabhängig voneinander H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste sind, und

A S, N, O oder P ist, und

n 1 oder 2 ist,

30

in einem Verhältnis der Verbindungen der allgemeinen Formel (II) zu den Verbindungen der allgemeinen Formel (III) von 1 : 0,8 bis 1,2, bevorzugt von 1 : 0,9 : 1,1, besonders bevorzugt von 1 : 1, unter sauren Bedingungen, bevorzugt unter Zusatz von Mineralsäuren oder organischen Säuren, besonders bevorzugt Ameisensäure, in

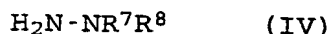
35 alkoholischer Lösung, bevorzugt in Methanol, zu dem entsprechenden Monoimin umgesetzt werden und das Lösungsmittel anschließend im Vakuum entfernt wird,

40 und

b) das Monoimin in einer zweiten Stufe mit Verbindungen der allgemeinen Formel (II), die sich von den in Stufe a) eingesetzten Verbindungen der allgemeinen Formel (II) unterscheiden,

45 oder

mit Verbindungen der allgemeinen Formel (IV)



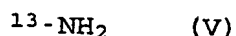
5

worin

$\text{R}^7$  und  $\text{R}^8$  unabhängig voneinander Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste sind, oder

10

mit Aminen der allgemeinen Formel (V)



15

worin

$^{13}$  ein Alkyl-, ein Aryl- oder ein Cycloalkylrest, wie vorstehend definiert, ist,

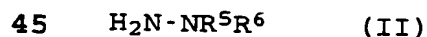
20

in aprotischer Lösung, bevorzugt in Toluol, unter Aluminiumtrialkyl-Katalyse, bevorzugt mit Aluminiumtrimethyl als Katalysator, in einem Verhältnis des Monoimins zu einer Verbindung der allgemeinen Formel (II), (IV) oder der allgemeinen Formel (V) von 25 1 : 0,8 bis 1,2, bevorzugt von 1 : 0,9 bis 1,1, besonders bevorzugt von 1 : 1 umgesetzt wird.

Im allgemeinen wird die Kondensation in Stufe a) bei Temperaturen von 0 bis 100°C durchgeführt, bevorzugt von 15 bis 80°C, besonders 30 bevorzugt von 20 bis 40°C. Die Reaktionsdauer beträgt im allgemeinen 20 Min. bis 48 h, bevorzugt 1 h bis 16 h, besonders bevorzugt 2 h bis 14 h. Die genauen Reaktionsbedingungen sind von den jeweils eingesetzten Verbindungen abhängig. Die Stufe b) wird im allgemeinen bei Temperaturen von 0 bis 100°C durchgeführt, bevorzugt 35 von 20 bis 80°C, besonders bevorzugt von 30 bis 60°C. Die Reaktionsdauer beträgt im allgemeinen 20 Min. bis 48 h, bevorzugt 1 h bis 8 h, besonders bevorzugt 2 h bis 7 h. Die genauen Reaktionsbedingungen sind wiederum von den jeweils eingesetzten Verbindungen abhängig.

40

Besonders bevorzugt werden als Verbindungen der allgemeinen Formel (II)



45

worin

R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup> die vorstehenden Bedeutungen haben,

5 Verbindungen eingesetzt, in denen die Gruppe NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup> ein Pyrrolrest oder ein von Pyrrol abgeleiteter Rest ist, der ganz besonders bevorzugt in der 2- und 5-Position mit C<sub>1</sub>- bis C<sub>6</sub>-Alkylgruppen, die linear, verzweigt und mit Heteroatomen substituiert sein können, und/oder Arylgruppen, die unsubstituiert oder ihrerseits mit C<sub>1</sub>-  
10 bis C<sub>6</sub>-Alkylgruppen, die heteroatomsubstituiert sein können, substituiert ist. Bevorzugte Substituenten in der 2- und 5-Position des Pyrrolrings sind Methyl-, i-Propyl-, t-Butyl-, Phenyl-, substituierte Arylreste, wie sie vorstehend definiert sind.

15 Solche N-Amino-Pyrrole können beispielsweise durch das folgende zweistufige Verfahren erhalten werden:

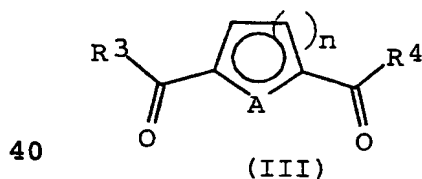
- i) Umsetzung eines geeigneten 1,4-Diketons mit einer äquivalenten Menge Acetylhydrazin oder Benzoyloxycarbonylhydrazin in  
20 Anwesenheit einer katalytischen Menge Säure, bevorzugt p-Toluolsulfonsäure, in einem inerten organischen Lösungsmittel, bevorzugt Toluol, zu dem entsprechenden Acetyl- oder Benzyloxycarbonyl-geschützten N-Amino-Pyrrol;
- 25 ii) Hydrolyse des geschützten N-Amino-Pyrrols mit einem Überschuß Base, bevorzugt mit Kaliumhydroxid, in einem hochsiedenden inerten organischen Lösungsmittel, bevorzugt in Ethylenglycol, unter Rückfluß zu dem entsprechenden freien N-Amino-Pyrrol.

30

Die anschließende Aufarbeitung erfolgt in üblicher Weise.

Als Diketoverbindungen werden in dem erfindungsgemäßen Verfahren Verbindungen der allgemeinen Formel (III) eingesetzt:

35



worin

45

$R^3$ ,  $R^4$  unabhängig voneinander H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste sind, wobei bevorzugte Reste vorstehend definiert sind; ganz besonders bevorzugt sind  $R^3$  und  $R^4$  H oder  $CH_3$ ; und

5

A S, N, O oder P, bevorzugt N oder S, besonders bevorzugt N ist, und

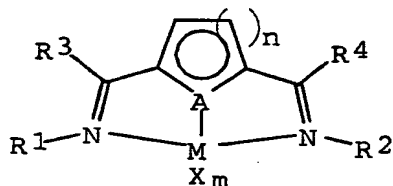
n 1 oder 2, bevorzugt 2 ist.

10

Der zentrale Grundkörper der Verbindungen der allgemeinen Formel (III) ist somit bevorzugt ein Pyridingrundkörper, der in 2- und 6-Position substituiert ist.

- 15 Die erfindungsgemäßen Verbindungen sind als Liganden für Katalysatoren, die zur Polymerisation ungesättigter Verbindungen eingesetzt werden können, geeignet. Insbesondere sind die erfindungsgemäßen Verbindungen als Liganden für Katalysatoren mit einem Metall der späten Übergangsmetalle, z.B. mit einem Metall der
- 20 Gruppe 7, 8, 9 und 10 des Periodensystems der Elemente geeignet. Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind daher Verbindungen der allgemeinen Formel (VI),

25



30

(VI)

worin die Symbole die folgende Bedeutung haben

35 A Nichtmetall ausgewählt aus N, S, O und P

$R^1$  Reste der allgemeinen Formel  $NR^5R^6$ ,

$R^2$  Reste der allgemeinen Formel  $NR^5R^6$ ,  $NR^7R^8$  oder Alkyl-,  
40 Aryl- oder Cycloalkylreste,

$R^5$  und  $R^6$  bilden gemeinsam mit dem N-Atom einen 5-, 6- oder  
7-gliedrigen Ring, in dem eine oder mehrere der -CH- oder  
-CH<sub>2</sub>-Gruppen durch geeignete Heteroatomgruppen ersetzt  
45 sein können, der gesättigt, ungesättigt und unsubstituiert, substituiert oder mit weiteren carbacyclischen oder heterocarbacyclischen 5- oder 6-gliedrigen Ringen,

die ihrerseits gesättigt oder ungesättigt und substituiert oder unsubstituiert sein können, anelliert sein kann, und

5 R<sup>7</sup>, R<sup>8</sup> unabhängig voneinander Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste,

und

10 R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup> unabhängig voneinander H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste,

n 1 oder 2;

15 M Übergangsmetall der Gruppe 7, 8, 9, 10 des Periodensystems der Elemente,

und

20 X ein Halogenid oder ein C<sub>1</sub>- bis C<sub>6</sub>-Alkylrest,

m Wertigkeit des Metalls, bevorzugt 2 oder 3.

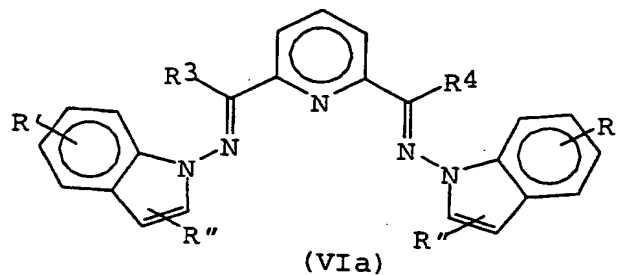
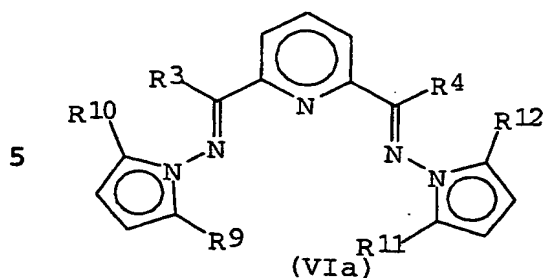
Das Übergangsmetall M der Gruppe 7, 8, 9 oder 10 des Periodensystems der Elemente ist bevorzugt Ru, Mn, Co, Fe, Ni oder Pd. Dabei können die Metalle in den folgenden Wertigkeiten eingesetzt werden: Fe(II), Fe(III), Co(I), Co(II), Co(III), Ru(II), Ru(III), Ru(IV), Mn(I), Mn(II), Mn(III), Mn(IV), Ni(II), Pd(II). Besonders bevorzugt sind Fe und Co und m = 2. Die Liganden X können  
30 unabhängig voneinander Halogenid oder Alkylreste sein. Bevorzugt handelt es sich um Chlorid-, Bromid- oder Methylreste. Besonders bevorzugt ist als Gruppe MX<sub>m</sub>: MnCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>, CoCl<sub>3</sub>, PdCl<sub>2</sub>, NiCl<sub>2</sub> oder CoCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>2</sub>.

35 Bevorzugte Reste R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> und R<sup>4</sup> haben die vorstehend genannten Bedeutungen.

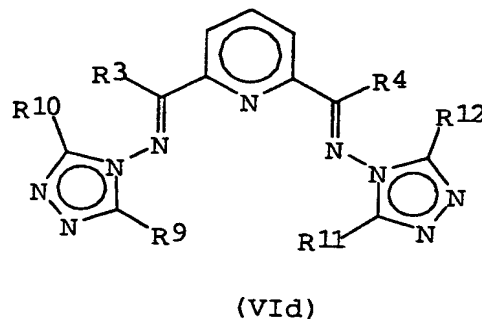
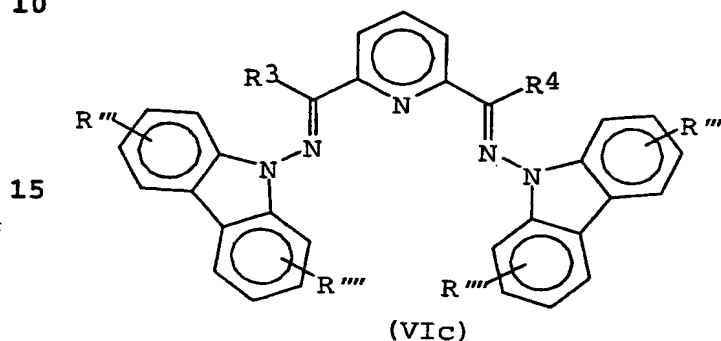
Ganz besonders bevorzugt sind Verbindungen der allgemeinen Formeln (VIa) bis (VI d):

40

45



10



20

worin

25  $R^3$ ,  $R^4$  unabhängig voneinander H, Alkyl- oder Arylreste, wobei bevorzugte Reste vorstehend definiert sind,

und

30  $R^9$ ,  $R^{10}$ ,  $R^{11}$  und  $R^{12}$  unabhängig voneinander  $C_1$ - bis  $C_6$ -Alkylreste bedeuten, wobei bevorzugte Reste vorstehend definiert sind, und

35  $R'$ ,  $R''$ ,  $R'''$ ,  $R''''$  H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste, wobei bevorzugte Reste vorstehend definiert sind, bedeuten,

und

40  $MX^2$   $MnCl_2$ ,  $CoCl_2$  oder  $FeCl_2$ , besonders bevorzugt  $FeCl_2$  und  $CoCl_2$  ist.

Diese Komplexe sind nach Aktivierung mit einem Aktivator (Cokatalysator) hochaktiv in der Polymerisation ungesättigter Verbindungen. Dabei zeigt sich eine starke Abhängigkeit der erhaltenen Polymere von der Struktur des Liganden. Somit sind durch geringe  
45 Variationen des Liganden eine große Zahl katalytisch aktiver Verbindungen zugänglich, die die Herstellung von Polymeren und Oli-



gomerieren mit einem breiten Spektrum verschiedener Eigenschaften ermöglichen.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Verbindungen der allgemeinen Formel (VI) erfolgt üblicherweise durch Umsetzung der entsprechenden Verbindungen der allgemeinen Formel (I) mit Übergangsmetallsalzen von Metallen der Gruppen 7, 8, 9 und 10 des Periodensystems der Elemente.

- 10 In einer bevorzugten Ausführungsform wird eine als Ligand geeignete Verbindung der allgemeinen Formel (I) in einem organischen Lösungsmittel, z.B. Tetrahydrofuran (THF) oder Methylenchlorid, mit einem entsprechenden Metallsalz, z.B.  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{CoCl}_3$ ,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{NiCl}_2$ ,  $\text{PdCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_2$ -THF-Komplex zusammengegeben. Das
- 15 Molverhältnis von Ligand zu Metallsalz beträgt im allgemeinen 1,5:1 bis 1:1,5, bevorzugt 1,2:1 bis 1:1,2, besonders bevorzugt ca. 1:1. Die Reaktionsmischung wird im allgemeinen bei Temperaturen von Raumtemperatur bis 50°C, bevorzugt von Raumtemperatur bis 40°C, besonders bevorzugt bei Raumtemperatur für im allgemeinen
- 20 0,5 Stunden bis 16 Stunden, bevorzugt 1 bis 6 Stunden, besonders bevorzugt 1 bis 3 Stunden gerührt. Die Aufarbeitung erfolgt in üblicher Weise, z.B. durch Entfernung des Lösungsmittels im Vakuum, Waschen des Rückstandes mit einem Lösungsmittel, in dem der Rückstand (Produkt) weitgehend unlöslich ist, z.B. mit Diethyle-
- 25 ther, gegebenenfalls Digerieren in einem unpolaren Lösungsmittel, z.B. Hexan, Abfiltrieren, Waschen und Trocknen.

Die erfindungsgemäßen Metallkomplexe der allgemeinen Formel (VI) sind leicht zugänglich und als Katalysatoren für die Polymerisation ungesättigter Verbindungen geeignet. Sie zeichnen sich bei

30 der Polymerisation bzw. Copolymerisation ungesättigter Verbindungen durch eine überraschend hohe Produktivität aus. Des weiteren zeichnen sich eine Reihe der erfindungsgemäßen Komplexe bei der Copolymerisation durch eine hohe mit ihnen erzielbare Copolymer-

35 reinbaurate aus. Schon leichte Variationen am Ligandgerüst des Metallkomplexes eröffnen die Herstellung einer breiten Palette von Polymeren mit unterschiedlichen Eigenschaften, so daß es möglich ist, einen Katalysator für ein Polymer mit den gewünschten Eigenschaften "maßzuschneidern".

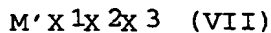
- 40 Wählt man beispielsweise Eisenkomplexe mit 2,5-Di-iso-Propyl-Pyrrol-Liganden, so erhält man bei der Polymerisation von Ethylen Polymere mit einer relativ hohen Molmasse im Bereich von  $M_w = \text{ca. } 10^5$ .

- 2,5-Dimethyl-Pyrrol-Komplexe des Eisens liefern bei der Polymerisation von Ethylen bei Raumtemperatur und Normaldruck Oligomere mit einem  $M_w$  von 3000 bis 3500 g/mol (bestimmt nach Gelpermeationschromatographie (GPC)) und einer für single-site-Katalysatoren engen Molmassenverteilung von  $Q = 2$  bis 5, bevorzugt von  $Q = 2$  bis 3. Diese Oligomere zeichnen sich besonders durch ihre ungewöhnliche Struktur aus. Sie zeigen ein besonders hohes Maß an Verzweigungen, die auch bei der Homopolymerisation von Ethylen zu beobachten sind. Besonders auffällig ist der sehr hohe Anteil an Verzweigungen, die länger als 6 Kohlenstoffatome sind. Bei anderen (als den erfindungsgemäßen) Katalysatorsystemen, die Polyolefine mit einem hohen Verzweigungsgrad liefern (wie Ni- und Pd-Diimin-Systeme), sind die Methylverzweigungen mit Abstand am häufigsten und die längeren Verzweigungen treten nur in geringem Maß auf. Außerdem weisen die erfindungsgemäßen Oligomere zusätzlich eine große Zahl von ungesättigten Endgruppen auf, die den weiteren Einsatz als Monomer in Polymerisationen oder auch eine chemische Funktionalisierung ermöglichen.
- 20 Durch Variation des Liganden, z.B. Eisen-Komplex mit einem Carbazol-Substituenten, können Polymere erhalten werden, die kürzerkettige Oligomere (Flüssigkeiten) liefern.
- Andere Katalysatorsysteme, z.B. Co-Komplexe mit Carbazol-Gruppen, liefern sehr kurzkettige Oligomere in einem Bereich von im allgemeinen 6 bis 18 Kohlenstoffatomen, vorzugsweise mit einem Maximum an 8 Kohlenstoffatomen.
- Bei der Copolymerisation mit  $\alpha$ -Olefinen findet man z.B. bei einem Eisen-Isopropylmethylpyrrol-System, einen hervorragenden Einbau von beispielsweise Hexen.
- Durch einfache Variation des Ligandgerüsts stehen also Katalysatoren zur Herstellung unterschiedlichster Polymere zur Verfügung.
- 35 Diese Katalysatoren zeichnen sich darüberhinaus durch eine sehr hohe Aktivität aus, die in vielen Fällen die von vergleichbaren Systemen übertrifft. Außerdem wurden Cobalt-Komplexe mit einer extrem hohen Aktivität gefunden. Bei literaturbekannten Verbindungen ist die Aktivität der Co-Komplexe üblicherweise um mindestens eine Zehnerpotenz schlechter als die von analogen Fe-Komplexen (V. C. Gibson et al., Chem. Commun. 1998, 849-850 und M. Brookhart et al., J. Am. Chem. Soc. 1998, 120, 4049-4050).
- Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher die Verwendung von Verbindungen der allgemeinen Formel (VI) als Katalysatoren in einem Verfahren zur Polymerisation ungesättigter Verbindungen, sowie ein Verfahren zur Herstellung von Polyolefi-

nen durch Polymerisation ungesättigter Verbindungen in Anwesenheit des erfindungsgemäßen Katalysators und eines Aktivators.

Als Aktivatoren (Cokatalysatoren) sind insbesondere starke, neutrale Lewis-säuren, ionische Verbindungen mit lewissauren Kationen und ionische Verbindungen mit Brönsted-Säuren als Kationen geeignet.

Als starke, neutrale Lewissäuren sind Verbindungen der allgemeinen Formel (VII) bevorzugt,



in der die Symbole die folgende Bedeutung haben

- M' ein Element der III. Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente, bevorzugt B, Al oder Ga, besonders bevorzugt B,
- X<sup>1</sup>, X<sup>2</sup>, X<sup>3</sup> unabhängig voneinander Wasserstoff, C<sub>1</sub>- bis C<sub>10</sub>-Alkyl, C<sub>6</sub>- bis C<sub>15</sub>-Aryl, Alkylaryl, Arylalkyl, Halogenalkyl oder Halogenaryl mit jeweils 1 bis 10 Kohlenstoffatomen im Alkylrest und 6 bis 20 Kohlenstoffatomen im Arylrest oder Fluorid, Chlorid, Bromid oder Iodid, bevorzugt sind Halogenaryle, besonders bevorzugt ist Pentafluorphenyl.

Ganz besonders bevorzugt sind Verbindungen der allgemeinen Formel (VII), in der X<sup>1</sup>, X<sup>2</sup>, X<sup>3</sup> gleich sind, bevorzugt Tris(pentafluorphenyl)boran.

Eine weitere bevorzugt als Aktivator (Cokatalysator) eingesetzte neutrale Lewissäure ist "R<sup>14</sup>AlO" (Alkylaluminoxan), worin R<sup>14</sup> ein C<sub>1</sub>- bis C<sub>25</sub>-Alkyl-, bevorzugt ein C<sub>1</sub>- bis C<sub>4</sub>-Alkylrest, besonders bevorzugt ein Methylrest (Methylaluminoxan) ist.

Geeignete ionische Verbindungen mit lewissauren Kationen sind Verbindungen der allgemeinen Formel (VIII),

in der die Symbole die folgenden Bedeutungen haben

- Y ein Element der I. bis VI. Hauptgruppe oder der I. bis VIII. Nebengruppe des Periodensystems der Elemente,
- Q<sub>1</sub> bis Q<sub>z</sub> einfach negativ geladene Reste wie C<sub>1</sub>- bis C<sub>28</sub>-Alkyl, C<sub>6</sub>- bis C<sub>15</sub>-Aryl, Alkylaryl, Arylalkyl, Halogenalkyl, Halogenaryl mit jeweils 6 bis 20 Kohlenstoffatomen im Aryl- und 1 bis 28 Koh-

lenstoffatomen im Alkylrest, C<sub>1</sub>- bis C<sub>10</sub>-Cycloalkyl, welches gegebenenfalls mit C<sub>1</sub>- bis C<sub>10</sub>-Alkylgruppen substituiert sein kann, Halogenid, C<sub>1</sub>- bis C<sub>28</sub>-Alkoxy, C<sub>6</sub>- bis C<sub>15</sub>-Aryloxy, Silyl- oder Mercaptylgruppen,

5

a ganze Zahlen von 1 bis 6,

z ganze Zahlen von 0 bis 5,

10 d Differenz von a-z, wobei d jedoch größer oder gleich 1 ist,

Besonders geeignet sind Carboniumkationen, Oxoniumkationen und Sulfoniumkationen sowie kationische Übergangsmetallkomplexe. Insbesondere sind das Triphenylmethylikation, das Silberkation und das 1,1'-Dimethyl-ferrocenylkation zu nennen. Bevorzugt besitzen sie nicht koordinierende Gegenionen, insbesondere Borverbindungen, wie sie auch in WO 91/09882 genannt werden, bevorzugt Tetra-  
15 kis(pentafluorophenyl)borat.

20

Ionische Verbindungen mit Brönsted-Säuren als Kation und vorzugsweise ebenfalls nicht koordinierenden Gegenionen sind ebenfalls in WO 91/09882 genannt, bevorzugtes Kation ist N,N-Dimethylanilinium.

25

Die Menge an Aktivator beträgt bevorzugt 0,1 bis 10 Äquivalente, besonders bevorzugt 1 bis 2 Äquivalente, für Borate, bezogen auf den Katalysator (VI). Für Alkylaluminoxane, insbesondere Methylaluminoxan, beträgt die Menge an Aktivator im allgemeinen 50 bis  
30 1000 Äquivalente, bevorzugt 100 bis 500 Äquivalente, besonders bevorzugt 100 bis 300 Äquivalente, bezogen auf den Katalysator (VI).

Das erfindungsgemäße Polymerisationsverfahren ist zur Herstellung  
35 von Homo- oder Copolymeren geeignet. Bevorzugt eingesetzte ungesättigte Verbindungen bzw. Kombinationen ungesättigter Verbindungen sind dabei ungesättigte Verbindungen ausgewählt aus Ethylen, C<sub>3</sub>- bis C<sub>20</sub>-Monoolefinen, Ethylen und C<sub>3</sub>- bis C<sub>20</sub>-Monoolefinen, Cycloolefinen, Cycloolefinen und Ethylen und Cycloolefinen und  
40 Propylen. Bevorzugte C<sub>3</sub>- bis C<sub>20</sub>-Monoolefine sind Propylen, Buten, Hexen und Octen und bevorzugte Cycloolefine sind Norbonen, Norbornadien und Cyclopenten.

Die vorstehend genannten Monomere können mit Monomeren, die eine  
45 Carbonylgruppe aufweisen, wie Estern, Carbonsäuren, Kohlenmonoxid und Vinylketonen copolymerisiert werden. Dabei sind die folgenden Kombinationen von ungesättigten Verbindungen bevorzugt: Ethylen

und ein Alkylacrylat, insbesondere Methylacrylat, Ethylen und eine Acrylsäure, Ethylen und Kohlen-monoxid, Ethylen, Kohlenmon-oxid und ein Acrylatester oder eine Acrylsäure, insbesondere Me-  
thylacrylat sowie Propylen und Alkylacrylat, insbesondere Methy-  
5 lacrylat. Des weiteren sind Acrylnitril und Styrol als Comonomere geeignet.

Je nach Reaktionsbedingungen und eingesetzten Monomeren ist es möglich, mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Homopolymere, stati-  
10 stische Copolymere oder Blockcopolymere zu erhalten.

Die Polymerisation wird unter allgemein üblichen Bedingungen in Lösung, z.B. als Hochdruckpolymerisation im Hochdruckreaktor oder Hochdruckautoklav, in Suspension oder in der Gasphase (z.B. GPWS-  
15 Polymerisationsverfahren) durchgeführt. Die entsprechenden Poly-  
merisationsverfahren können als Batch-Verfahren, halbkontinuierlich oder kontinuierlich durchgeführt werden, wobei die Vorge-  
hensweisen aus dem Stand der Technik bekannt sind.

20 Die erfindungsgemäßen Katalysatorsysteme können in Form von Voll-  
katalysatoren oder Trägerkatalysatoren, in Abhängigkeit von den Polymerisationsbedingungen, eingesetzt werden.

Als Trägermaterialien werden bevorzugt feinteilige Feststoffe  
25 eingesetzt, deren Teilchendurchmesser im Bereich von im allgemei-  
nen 1 bis 200 mm liegen, bevorzugt von 30 bis 70 mm.

Geeignete Trägermaterialien sind beispielsweise Kieselgele, be-  
vorzugt solche der Formel  $\text{SiO}_2 \cdot a \text{Al}_2\text{O}_3$ , worin a für eine Zahl im  
30 Bereich von 0 bis 2 steht, bevorzugt von 0 bis 0,5; es handelt  
sich also um Alumosilikate oder Siliciumdioxid. Derartige Pro-  
dukte sind im Handel erhältlich, beispielsweise Silica Gel 332  
von Grace oder ES 70x von Crosfield.

35 Diese Trägermaterialien können zur Entfernung von adsorbiertem  
Wasser einer thermischen oder chemischen Behandlung unterzogen  
oder calciniert werden, wobei bevorzugt eine thermische Behand-  
lung bei 80 bis 200°C, besonders bevorzugt bei 100 bis 150°C,  
durchgeführt wird.

40

Andere anorganische Verbindungen wie  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oder  $\text{MgCl}_2$  oder Mi-  
schungen, die diese Verbindungen enthalten, können ebenfalls als  
Trägermaterialien eingesetzt werden.

45

Die Katalysatoren der allgemeinen Formel (VI) können dabei "in situ" hergestellt und direkt, ohne vorherige Isolierung, in der Polymerisation eingesetzt werden. Die Katalysatoren können auch in Anwesenheit des Trägermaterials "in situ" hergestellt werden.

5

Als Lösungsmittel sind insbesondere aprotische organische Lösungsmittel geeignet. Dabei können das Katalysatorsystem, die oder das Monomere und das Polymer in diesen Lösungsmitteln löslich oder unlöslich sein, die Lösungsmittel sollten jedoch nicht an der Polymerisation teilnehmen. Geeignete Lösungsmittel sind Alkane, Cycloalkane, ausgewählte halogenierte Kohlenwasserstoffe und aromatische Kohlenwasserstoffe. Bevorzugte Lösungsmittel sind Hexan, Toluol und Benzol, besonders bevorzugt ist Toluol.

10

Die Polymerisationstemperaturen bei der Lösungspolymerisation liegen im allgemeinen in Bereichen von -20 bis 350°C, bevorzugt von 0 bis 350°C, besonders bevorzugt von +20 bis 180°C, ganz besonders bevorzugt von Raumtemperatur bis 80°C. Der Reaktionsdruck beträgt im allgemeinen 0,1 bis 5000 bar, bevorzugt 0,1 bis 3000 bar, besonders bevorzugt 1 bis 200 bar, ganz besonders bevorzugt 5 bis 40 bar. Die Polymerisation kann in jeder für die Polymerisation ungesättigter Verbindungen geeigneten Apparatur durchgeführt werden.

20

Zur Kontrolle des Molekulargewichts der Polymere kann die Polymerisation in Anwesenheit von Wasserstoffgas durchgeführt werden, das als Kettentransfer-reagenz wirkt. Üblicherweise ist dabei das mittlere Molekulargewicht umso niedriger, je höher die Wasserstoffkonzentration ist.

25

Des weiteren können weitere in dem entsprechenden Polymerisationsverfahren übliche Hilfsmittel eingesetzt werden.

30

Das erfindungsgemäße Polymerisationsverfahren eröffnet einen Zugang zu Polyolefinen mit neuartigen Strukturen und Eigenschaften. Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind daher Polymere, herstellbar nach dem erfindungsgemäßen Verfahren.

35

Die nachfolgenden Beispiele erläutern die Erfindung zusätzlich.

40

Beispiele

(Die Numerierung der Beispiolverbindungen erfolgt unabhängig von der Numerierung der Verbindungen in der vorstehenden Beschreibung)

45

## a) Synthese der 1,4-Diketone (Figur 1)

Acetonylacetone (1) ist kommerziell erhältlich (Aldrich), die Ketone, 2-7, wurden nach Literaturvorschriften (T. Sae-

- 5 gusa, Y. Ito, T. Konsoke, J. Am. Chem. Soc., 97 (1975) 2912; H. Stetter, M. Schreckenberger, Chem. Ber., 107 (1974) 2453; H. Stetter, H. Kuhlmann, Chem. Ber., 109 (1976) 3426; H. Stetter, Angew. Chem., 21 (1976) 695; H. Stetter, F. Jonas, Chem. Ber., 114 (1981) 564) synthetisiert.

10

## 1-(2-Methylphenyl)pentan-1,4-dion (5):

25g (208 mmol) o-Tolylaldehyd, 14,58g (208 mmol) Methylvinylketon, 21,05g (208 mmol) Triethylamin, 5,4g (21,4 mmol)

- 15 3-Ethyl-5-(2-hydroxyethyl)-4-methylthiazoliumbromid wurden in der oben angegebenen Reihenfolge in 100 ml DMF gelöst und 12 Stunden bei 80°C gerührt. Anschließend wurde das Reaktionsgemisch mit 400 ml Wasser versetzt und zweimal mit Methylenchlorid extrahiert. Die vereinigten Methylenchloridphasen wurden mit 10%iger Schwefelsäure, gesättigter Natriumhydrogencarbonatlösung gewaschen und über Natrium-sulfat getrocknet. Die Reinigung erfolgte nach dem Abziehen des Lösungsmittels am Rotationsverdampfer durch fraktionierte Destillation.

- 25 Ausbeute: 20,52g (107 mmol) 52%,  $C_{12}H_{14}O_2$ , Siedepunkt: 93-96°C (Hochvakuum),  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ ):  $\delta$  2.07 (m 3H  $CH_3$ ), 2.34 (s 3H  $CH_3$ ), 2.68 (m 2H  $CH_2$ ), 2.98 (m 2H  $CH_2$ ), 7.09-7.58 (m 4H Phenyl);  $M^+ = 190$  m/z.

- 30 b) Allgemeine Arbeitsvorschrift zur Synthese geschützter Pyrrole (Figur 1) (8-11)

- 5-15g eines 1,4-Diketons (3-7), 10 mg p-Toluolsulfonsäure und 1,5 Äquiv. Acetylhydrazid wurden in 100 ml Toluol 48 Stunden mit einem Wasserabscheider unter Rückfluß erhitzt. Nach dem Erkalten wurde entweder der entstandene Niederschlag aus der Reaktionsmischung abfiltriert oder mit Methylenchlorid extrahiert.

## 1-Acetamido-2-methyl-5-phenylpyrrol (8):

40

Reaktionsbedingungen: 48 Stunden Rückfluß, Extraktion mit Methylenchlorid.

- Ausbeute: 4,3g (25mmol) 51%,  $C_{13}H_{14}N_2O$ , Schmelzpunkt: 159°C,  $^1H$  NMR ( $DMSO-d_6$ ):  $\delta$  1.27 (s 3H Methyl), 1.37 (s 3H Methyl), 5.19 (d 1H Pyrrol), 5.47 (d 1H Pyrrol), 6.53-6.80 (m, 5H Phenyl), 10.16 (s 1H N-H); MS:  $M^+ = 214$  m/z.

## 1-Acetamido-2-methyl-5-isopropylpyrrol (9):

Reaktionsbedingungen. 48 Stunden Rückfluß, Extraktion mit Methylenchlorid. Ausbeute: 8,11g (45 mmol) 53%;  $C_{10}H_{16}N_2O$ , Schmelzpunkt: 81°C,  $^1H$  NMR (DMSO- $d_6$ ):  $\delta$  1.06 (d 3H  $CH(CH_3)_2$ ) ( $J = 7$  Hz), 1.11 (d 3H  $CH(CH_3)_2$ ) ( $J = 7$  Hz), 1.95 (s 3H  $CH_3$ ), 2.00 (s 3H  $CH_3$ ), 2.63 (m 1H  $CH(CH_3)_2$ ), 5.60 (d 1H Pyrrol), 5.63 (d 1H Pyrrol), 10.13 (s breit 1H N-H); MS:  $M^+ = 180$  m/z.

## 10 1-Acetamido-2-methyl-5-(2-methylphenyl)pyrrol (10):

Reaktionsbedingungen. 37 Stunden Rückfluß, Extraktion mit Methylenchlorid.

Ausbeute: 10,3g (45 mmol) 37%,  $C_{14}H_{16}N_2O$ , Schmelzpunkt: 146°C,  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ ),  $\delta$  1.52, 1.88; 2.15; 2.20; 2.25, 2.26 (s, 9H,  $CH_3$ ); 5.97, 6.04 (m, 2H, Pyrrol-H); 7.14-7.23 (m, 4H, Phenyl-H); 7.65-7.82 (br. s, 1 H, N-H). Gemäß NMR-Spektrum liegt ein Gemisch zweier Isomeren im Verhältnis 0,8 : 1 vor. MS:  $M^+ = 228$  m/z.

## 20 1-Acetamido-2,3,5-triphenylpyrrol (11):

Reaktionsbedingungen: 48 Stunden Rückfluß, Abfiltrieren des nach dem Erkalten entstandenen Niederschlages. Ausbeute: 38%,  $C_{24}H_{20}N_2O$ , Schmelzpunkt: 255°C,  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ ):  $\delta$  1.25 (s 3H Methyl), 6.01 (s 1H Pyrrol), 6.58-6.95 (m 15H Phenyl), 8.08 (s 1H N-H); MS:  $M^+ = 352$  m/z.

c) Allgemeine Arbeitsvorschrift zur Synthese der Aminopyrrole (Figur 1) (12-18)

30

5-15g Amids (8-11) wurden in Glykol mit 10 Äquiv. Kaliumhydroxid bis zur vollständigen Umsetzung (DC-Kontrolle) Rückfluß erhitzt. Durch Zugabe von 200 ml Wasser und anschließende mehrmalige Extraktion mit Methylenchlorid kann das Produkt analysenrein erhalten werden.

35

## 1-Amino-2-methyl-5-phenylpyrrol (14):

Reaktionsbedingungen: 36 Stunden Rückfluß.

40

Ausbeute: 2,82g (16.3 mmol) 88 %,  $C_{11}H_{12}N_2$ , Schmelzpunkt: 92°C,  $^1H$  NMR (DMSO- $d_6$ ):  $\delta$  2.23 (s 3H Methyl), 5.48 (s 2H  $NH_2$ ), 5.75 (d 1H Pyrrol), 6.04 (d 1H Pyrrol), 7.05-7.68 (m 5H Phenyl); MS:  $M^+ = 172$  m/z.

45

## 1-Amino-2-methyl-5-isopropylpyrrol (15):



Reaktionsbedingungen: 16 Stunden Rückfluß.

Ausbeute: 5,43g (39.3 mmol) 88%,  $C_8H_{14}N_2$ , Schmelzpunkt: 21-24°C,  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ ):  $\delta$  1.24 (d 6H  $CH(CH_3)_2$   $J = 7$  Hz), 2.23 (s 3H  $CH_3$ ), 3.10 (Septett 1H  $CH(CH_3)_2$ , 4.09 (s breit 2H  $NH_2$ ), 5.70 (d 1H Pyrrol  $J = 3$ Hz), 5.74 (d 1H Pyrrol  $J = 3$ Hz); MS:  $M^+ = 138$  m/z.

1-Amino-2-methyl-5-(2-methylphenyl)pyrrol (16):

10 Reaktionsbedingungen: 12 Stunden Rückfluß

Ausbeute: 7,54g (33 mmol) 37%,  $C_{14}H_{16}N_2O$ , Schmelzpunkt: 146°C,  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ ): (2 Isomere im Verhältnis 0.8:1)  $\delta$  1.52 (s 3H  $CH_3$ ), 1.88 (s 3H  $CH_3$ ), 2.15 (s 3H  $CH_3$ ), 2.19 (s 3H  $CH_3$ ), 2.24 (s 3H  $CH_3$ ), 2.26 (s 3H  $CH_3$ ), 5.95-6.06 (m 4H Pyrrol), 7.13-7.23 (m 8H Phenyl), 7.65 (s 1H breit N-H), 7.82 (s 1H breit N-H); MS:  $M^+ = 228$  m/z.

1-Amino-2,3,5-triphenylpyrrol (18):

20

Reaktionsbedingungen: 36 Stunden Rückfluß.

Ausbeute: 2,62g (8.4 mmol) 85 %,  $C_{22}H_{18}N_2$ , Schmelzpunkt: 179°C,  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ ):  $\delta$  5.53 (s 2H  $NH_2$ ), 6.46 (s 1H Pyrrol), 7.05-7.79 (m 15H Phenyl); MS:  $M^+ = 310$  m/z.

d) Allgemeine Arbeitsvorschrift zur Synthese der 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-R-azol-1-ylimine) (Figur 2) (22-31)

30 2-3 g eines N-Aminoazols (12-21) (2,2 mequ) und ein Moläquiv. Diacetylpyridin wurden in möglichst wenig Methanol (4-8) ml gelöst und mit wenigen Tropfen Ameisensäure für mindestens 12 Stunden gerührt. Je nach Substitution am Pyrrol mußte die Reaktionslösung auch Rückfluß erhitzt werden. Das Diimin konnte in den  
35 meisten Fällen nach Ende der Reaktion abfiltriert und am Hochvakuum getrocknet werden. Zur Vervollständigung der Reaktion wurde in einigen Fällen noch N-Aminopyrrol zugegeben, oder das Diimin aus einem geeigneten Lösungsmittel umkristallisiert, um das Monoimin abzutrennen. Diphenyl- und Triphenylaminopyrrol wurden in  
40 Propionsäure bis zu 48 Stunden Rückfluß erhitzt. Reaktionsbedingungen, Ausbeute und spektroskopische Daten werden bei den einzelnen Verbindungen angeführt.

2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-dimethylpyrrol-1-ylimin) (22):

45

Durchführung wie oben beschrieben:

Reaktionsbedingungen: Raumtemperatur, 16 Stunden; das Diimin wurde abfiltriert, mit kaltem Methanol gewaschen und am Hochvakuum getrocknet; Ausbeute 77,1 %, Schmelzpunkt: 174-178 °C;  $C_{21}H_{25}N_5$ ;  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ ):  $\delta$  2.1 (s 12H Methyl), 2.45 (s 6H

- 5  $CH_3C=N$ ), 5.95 (s 4H Pyrrol), 7.95 (t 1H p Pyridin), 8.51 (d 2H m Pyridin); MS:  $M^+ = 347$  m/z.

2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-diisopropylpyrrol-1-ylimin) (23):

- 10 Durchführung wie oben beschrieben:

Reaktionsbedingungen: Raumtemperatur 12 Stunden, Rückfluß 2 Stunden; das Diimin wurde bei Raumtemperatur abfiltriert, mit Methanol gewaschen und am Hochvakuum getrocknet; Ausbeute 72,5 %,

- 15 Schmelzpunkt: 198-203 °C;  $C_{29}H_{41}N_5$ ;  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ ):  $\delta$  1.20 (d 24H  $CH(CH_3)$ ), 2.32 (s 6H  $CH_3C=N$ ), 2.64 (m 4H  $CH(CH_3)$ ), 5.94 (s 4H Pyrrol), 7.95 (t 1H p Pyridin), 8.51 (d 2H m Pyridin); MS:  $M^+ = 460$  m/z.

- 20 [2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-phenylpyrrol-1-ylimin)] (24):

Zu einer Lösung von 1,5g (8,7 mmol) 1-Amino-2-methyl-5-phenylpyrrol (14) in 30 ml Methanol wurden 0,71g (4,4 mmol) Diacetylpyridin und 3 Tropfen Ameisensäure gegeben. Nach vier Tagen Rückfluß erhitzen wurde das Reaktionsgemisch auf -18°C abgekühlt und der entstandene Niederschlag abfiltriert. Durch Einengen und nochmaliges Abkühlen konnte das Produkt vollständig abgetrennt werden.

- 30 Ausbeute: 0,83g (1,8 mmol) 40%,  $C_{31}H_{29}N_5$ , Schmelzpunkt: 115°C;  $^1H$  NMR( $DMSO-d_6$ ):  $\delta$  1.99 (s 6H Methyl), 2.06 (s 6H Methyl), 6.00 (d 2H Pyrrol), 6.31 (d 2H Pyrrol), 7.04-7.38 (m 10H Phenyl) 8.16 (m 2H Pyridin), 8.47 (m 2H Pyridin); MS:  $M^+ = 471$  m/z.

- 35 [2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-isopropylpyrrol-1-ylimin)] (25):

- Zu einer Lösung von 2,71g (19,5 mmol) 1-Amino-2-methyl-5-isopropylpyrrol (15) in 50 ml Methanol wurden 1,59g (9,7 mmol) Diacetylpyridin und 5 Tropfen Ameisensäure gegeben. Nach vier Tagen Rückfluß erhitzen wurde das Reaktionsgemisch auf -18°C abgekühlt und der entstandene Niederschlag abfiltriert. Durch Einengen und nochmaliges Abkühlen konnte das Produkt vollständig abgetrennt werden.

Ausbeute: 1,94g (4,8 mmol) 49%,  $C_{25}H_{33}N_5$ , Schmelzpunkt: 54°C;  $^1H$  NMR( $CDCl_3$ ):  $\delta$  1.19 (d 12H  $CH(CH_3)_2$   $J = 7$  Hz), 2.05 (s 6H  $CH_3$ ), 2.35 (s 3H  $CH_3$ ), 2.73 (m 1H  $CH(CH_3)_2$ ), 5.89-5.92 (m 4H Pyrrol), 7.93 (t 1H Pyridin), 8.47 (d 2H Pyrrolidin) MS:  $M^+ = 403$  m/z.

5

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-(2-methylphenyl))pyrrol-1-ylimin]] (26):

2g (11 mmol) 1-Amino-2-methyl-5-(2-methylphenyl)pyrrol (16),  
10 876mg (5,4 mmol) Diacetylpyridin und drei Tropfen Ameisensäure wurden in 30 ml Methanol 48 Stunden Rückfluß erhitzt. Anschließend wurde das Reaktionsgemisch auf 0°C abgekühlt, der entstandene Niederschlag abfiltriert und noch mehrmals mit kaltem Methanol gewaschen.

15

Ausbeute: 2,44g (4,9 mmol) 91%,  $C_{33}H_{33}N_5$ , Schmelzpunkt: 58°C;  $^1H$  NMR( $CDCl_3$ ):  $\delta$  2.13 (s 3H  $CH_3$ ), 2.38 (s 3H  $CH_3$ ), 2.56 (s 3H  $CH_3$ ), 6.27 (m 2H Pyrrol), 6.35 (m 2H Pyrrol), 7.23-7.46 (m 8H Phenyl), 8.00 (t 1H Pyridin), 8.44 (d 2H Pyrrolidin) MS:  $M^+ = 499$  m/z.

20

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-diphenylpyrrol-1-ylimin)] (27):

3g (12,8 mmol) 1-Amino-2,5-diphenylpyrrol (17) und 1,04g (6,4 mmol) Diacetylpyridin wurden 12 Stunden in Propionsäure Rückfluß  
25 erhitzt. Nach dem Erkalten der Reaktionsmischung wurde auf die Hälfte eingengt, der entstandene Niederschlag abfiltriert und mehrmals mit Methanol gewaschen.

Ausbeute: 0,75g (1,3 mmol) 10,2%,  $C_{41}H_{33}N_5$ , Schmelzpunkt:  
30 228-231°C;  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ ):  $\delta$  1.70 (s 6H Methyl), 6.44 (s 4H Pyrrol), 7.07-7.50 (m 20H Phenyl), 7.88 (m 1H Pyridin), 8.38 (m 2H Pyridin); MS:  $M^+ = 595$ m/z.

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,3,5-triphenylpyrrol-1-ylimin)] (28):  
35

1,5g (4,8 mmol) 1-Amino-2,3,5-triphenylpyrrol (18) und 0,39g (2,4 mmol) Diacetylpyridin wurden in 20 ml Propionsäure 2 Tage Rückfluß erhitzt. Nach dem Erkalten und Abziehen des Lösungsmittels am Rotationsverdampfer wurde der Rückstand in Ethanol gelöst und  
40 bei -18 °C auskristallisiert. Durch Einengen und nochmaliges Auskristallisieren konnte das Produkt vollständig isoliert werden.

Ausbeute: 0,83g (1,1 mmol) 47%,  $C_{53}H_{41}N_5$ , Schmelzpunkt: 132°C;  $^1H$  NMR( $DMSO-d_6$ ):  $\delta$  1.68 (s 6H Methyl), 6.75 (s 2H Pyrrol), 7.00-7.51  
45 (m 30H Phenyl), 8.04 (m 1H Pyridin), 8.24 (m 2H Pyridin); MS:  $M^+ = 747$ m/z.

2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methylindol-1-ylimin) (29):

0,71g (4,9 mmol) 1-Amino-2-methylindol (19) (M.Somei, M.Natsume, Tetrahedron Lett., 5 (1974) 461) gelöst in 10 ml Methanol wurden  
5 mit 0,4g 2,4mmol) Diacetylpyridin versetzt und anschließend 12 Stunden Rückfluß erhitzt. Der entstandene Niederschlag wurde abfiltriert und mehrmals mit kaltem Methanol gewaschen.

Ausbeute: 0,75g (1,8 mmol) 73 %,  $C_{27}H_{25}N_5$ , Schmelzpunkt: 65°C,  $^1H$   
10 NMR( $CDCl_3$ ):  $\delta$  2.43 (s 6H Methyl), 2.53 (s 6H Methyl), 6.43 (d 2H Pyrrol), 6.96-8.55 (m 11H Phenyl, Pyridyl); MS:  $M^+ = 420$  m/z.

2,6-Diacetylpyridin-di-carbazol-N-ylimin (30):

15 2-3 g N-Aminocarbazols (20) (J.Klein, L. Davis, G. Olsen, G. Wong, F. Huger, J. Med. Chem., 39 (1996) 570) (2,2 Äquiv.) und ein Äquiv. Diacetylpyridin wurden in wenig Methanol (5 ml) gelöst und für 8 Stunden Rückfluß erhitzt (1 ml Ameisensäure wurde vorher zugegeben). Die Lösung ließ man erkalten und filtrierte das  
20 Diimin ab. Nach Trocknen am Hochvakuum erhielt man das Produkt in 75,1 % Ausbeute.

Schmelzpunkt: 184-188 °C;  $C_{33}H_{25}N_5$ ;  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ ):  $\delta$  2.61 (s 6H  $CH_3C=N$ ), 7.95 (t 1H p Pyridin), 8.51 (d 2H m Pyridin), 7.2 (m 8H)  
25 7.4 (m4H) 8.1 (m 4H) Carbazol; MS:  $M^+ = 491$  m/z.

2,6-Diacetylpyridin-bis-(3,5-dimethyl-1,2,4-triazol-4-ylimin)  
(31):

30 960 mg 4-Amino-3,5-dimethyl-1,2,4-triazol (21) (R. Herbst, J. Garrison, J. Org. Chem., 18, (1953), 872-876) und 698 mg 2,6-Diacetylpyridin und 30 mg p-Toluolsulfonsäure wurden in 30 ml o-Dichlorbenzol für 8 Stunden Rückfluß erhitzt. Nach Erkalten fügte man langsam unter guter Rührung eine Mischung Hexan/Ether  
35 1:1 zu um das Diimin auszufällen. Die überstehende Lösung wurde abdekantiert, das bräunliche Pulver noch einmal digeriert, erneut abdekantiert und dann am Hochvakuum getrocknet. 1,41 g (94,0 %), Schmelzpunkt: 252 °C Zersetzung;  $C_{17}H_{21}N_9$ ;  $^1H$  NMR ( $CD_3CN$ ):  $\delta$  2.25 (s 12H Methyl), 2.58 (s 6H  $CH_3C=N$ ), 8.11 (t 1H p Pyridin), 8.45 (d  
40 2H m Pyridin); MS:  $M^+ = 351$  m/z.

2,5-Diformylthiophen-bis-(2,5-diisopropylpyrrol-1-ylimin): (Figur 2) (32)

45 474 mg N-Amino-2,5-diisopropylpyrrol (13) und 200 mg 2,5-Diformylthiophen wurden in 10 ml Methanol gelöst und für 2 Stunden Rückfluß erhitzt (0,5 ml Ameisensäure wurden vorher zugegeben).

Die Lösung ließt man erkalten und filtriert das Diimin ab. Nach Trocknen am Hochvakuum erhält man 510 mg (81,8 %) Produkt.

Schmelzpunkt: 134-137 °C;  $C_{26}H_{36}N_4S$ ;  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ ):  $\delta$  1.00 (s 24H CH( $CH_3$ )), 2.81 (m 4H CH( $CH_3$ )), 5.68 (s 4H Pyrrol), 7.12 (s 2H Thio-phen), 8.24 (s 2H Formyl); MS:  $M^+ = 437$  m/z.

e) Metallkomplexe (Figur 3) (34-52)

10 [2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-dimethylpyrrol-1-ylimin)]-FeCl<sub>2</sub>  
(34):

In ein trockenens Schlenkrohr wurden 20 ml 2-Butanol gegeben und über eine Glasfritte 5 Minuten lang Argon eingeleitet bis das Lö-  
15 sungsmittel vollständig mit Argon gesättigt war. Dann wurden 200 mg 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-methylpyrrol-1-ylimin) (22) und 73 mg Eisen(II)chlorid zugegeben und für 1 Stunde auf 80°C er-  
hitzt. Die Lösung färbte sich sofort dunkelgrün und es bildete sich ein Niederschlag mit derselben Farbe. Nach Erkalten ließ man  
20 den Niederschlag absitzen und dekantierte die überstehende Lösung ab. Der Rest an 2-Butanol wurde am Hochvakuum abgezogen, der Rückstand gepulvert und mehrmals mit absolutem Methylenchlorid extrahiert. Die grüne Methylenchloridphase wurde abgezogen, Rück-  
stand 195 mg (72 %) ;  $C_{21}H_{25}N_5FeCl_2$ ; Mr: 474,2 g/mol; NMR: parama-  
25 gnetisch; MS:  $M^+ = 474$  m/z.

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-dimethylpyrrol-1-ylimin)]-FeCl<sub>3</sub>  
(35):

30 In ein trockenens Schlenkrohr wurden 20 ml absolutes Methylenchlorid, 367 mg 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-methylpyrrol-1-ylimin) (22) und 175 mg Eisen(III)chlorid gegeben; die Lösung färbte sich sofort dunkelbraun und es bildete sich ein Niederschlag mit der-  
selben Farbe. Nach 15 Stunden Rühren bei Raumtemperatur wurde das  
35 Methylenchlorid am Hochvakuum abgezogen und der braune Rückstand zwei mal mit absolutem Hexan (10 ml) digeriert und jeweils abde-  
kantiert. Das so erhaltene Produkt wurde am Hochvakuum getrock-  
net. Ausbeute: 420 mg (78.0 %) ,  $C_{21}H_{25}N_5FeCl_3$ ; Mr: 509,6 g/mol; NMR: para-magnetisch.

40

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-dimethylpyrrol-1-ylimin)]-CoCl<sub>2</sub>  
(36):

In ein trockenens Schlenkrohr wurden 10 ml 2-Butanol gegeben und  
45 über eine Porzellanfritte 5 Minuten lang Argon eingeleiten bis das Lösungsmittel vollständig mit Argon gesättigt war. Dann wur-  
den 150 mg 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-methylpyrrol-1-ylimin)

(22) und 56 mg Kobalt(II)chlorid zugegeben und für 1 Stunde auf 80° C erhitzt. Die Lösung färbte sich sofort dunkelbraun und es bildete sich ein Niederschlag mit derselben Farbe. Nach Erkalten ließ man den Niederschlag absitzen und dekantierte die überstehende Lösung ab. Der Rest an 2-Butanol wurde am Hochvakuum abgezogen, der Rückstand gepulvert. 155 mg (75,2 %);  $C_{21}H_{25}N_5CoCl_2$ ; Mr: 477,3 g/mol; NMR: paramagnetisch.

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-diisopropylpyrrol-1-ylimin)]-FeCl<sub>2</sub>  
10 (37):

30 ml 2-Butanol wurden in ein trockenes Schlenkrohr gegeben und für 5 Minuten mit Argon gespült. Nach der Zugabe von 1.0 g 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-diisopropylpyrrol-1-ylimin) (23) und 15 274 mg Eisen(II)chlorid wurde die dunkelgrüne Lösung für 2 Stunden bei 80° C gerührt. Das Lösungsmittel wurde dann am Hochvakuum abgezogen, der Rückstand gepulvert und mehrmals mit 100 ml absolutem Methylenchlorid extrahiert. Nach Abziehen von Methylenchlorid blieben 1,04 g (81,5 %) grünes Pulver zurück.  $C_{29}H_{41}N_5FeCl_2$ ; 20 Mr: 586,4 g/mol; NMR: paramagnetisch.

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-diisopropylpyrrol-1-ylimin)]-FeCl<sub>3</sub>  
(38):

25 In ein trockenes Schlenkrohr wurden 20 ml absolutes Methylenchlorid, 400 mg 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-diisopropylpyrrol-1-ylimin) (23) und 141 mg Eisen(III)chlorid gegeben; die Lösung färbte sich sofort dunkelbraun. Nach 15 Stunden Rühren bei Raumtemperatur wurde das Methylenchlorid am Hochvakuum abgezogen 30 und der braune Rückstand zwei mal mit absoluten Hexan (10 ml) digeriert und jeweils abdekantiert. Das so erhaltene Produkt wurde am Hochvakuum getrocknet. Ausbeute: 461 mg (85,2 %),  $C_{29}H_{41}N_5FeCl_3$ , Mr: 621,9 g/mol, NMR: paramagnetisch.

35 [2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-diisopropylpyrrol-1-ylimin)]-CoCl<sub>2</sub>  
(39):

In ein trockenes Schlenkrohr wurden 50 ml absolutes Tetrahydrofuran, 500 mg 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,5-diisopropylpyrrol-1-ylimin) (23) und 141 mg Kobalt(II)chlorid gegeben. Die Lösung färbte sich sofort dunkelbraun und es bildete sich ein Niederschlag mit derselben Farbe. Nach 12 Stunden Rühren wurde das Lösungsmittel am Hochvakuum abgezogen, der braune Rückstand zwei mal mit absolutem Hexan digeriert, jeweils von der überstehenden 45 Lösung abdekantiert und getrocknet. 450 mg (70,2 %) ;  $C_{29}H_{41}N_5CoCl_2$ ; Mr: 589,5 g/mol.

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-phenylpyrrol-1-ylimin)]-FeCl<sub>2</sub> (40):

Eine Lösung von 0,14g (1,1 mmol) Eisen(II)chlorid und 0,48g (1,0 mmol) 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-phenylpyrrol-1-ylimin) (24) wurden in 30 ml 2-Butanol bei 40°C über Nacht gerührt. Der entstandene Niederschlag wurde unter Argon abfiltriert und mehrmals mit absolutem Ether gewaschen.

10 Ausbeute: 0,23g (0,4 mmol) 37%, C<sub>31</sub>H<sub>29</sub>FeCl<sub>2</sub>N<sub>5</sub>, Schmelzpunkt: >350°C (Zers.); IR: KBr (cm<sup>-1</sup>) 3071(w), 2919(w), 1640(s), 1605(s), 1514(m), 1445(m), 1373(s), 1298(w), 1273(w), 1204(w), 1074(w), 1026(w), 810(w), 756(s), 698(m), 605(w), 565(w), 497(w).

15 [2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-phenylpyrrol-1-ylimin)]-CoCl<sub>2</sub> (41):

0,41g (0,9 mmol) Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-phenylpyrrol-1-ylimin) (24) und 0,12g (0,9 mmol) Kobalt(II)chlorid wurden in 30 ml THF gelöst und anschließend zwölf Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Durch vollständige Ausfällung mit Ether und mehrmaliges Waschen des filtrierten Produktes mit Ether kann die Verbindung analysenrein erhalten werden.

25 Ausbeute: 0,29g (0,5 mmol) 54%, C<sub>31</sub>H<sub>29</sub>Cl<sub>2</sub>CoN<sub>5</sub>, Schmelzpunkt: >350°C (Zers.); IR: KBr (cm<sup>-1</sup>) 3071(w), 3031(w), 2917(w), 1601(m), 1576(m), 1514(s), 1474(w), 1445(m), 1375(s), 1331(s), 1300(w), 1271(m), 1205(w), 1180(w), 1026(m), 810(w), 752(s), 729(m), 698(s); MS: M<sup>+</sup> - Cl = 566 m/z.

30

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-isopropylpyrrol-1-ylimin)]-FeCl<sub>2</sub> (42):

Eine Lösung von 0,27g (2,1 mmol) Eisen(II)chlorid und 0,86g (2,1 mmol) 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-isopropylpyrrol-1-ylimin) (25) wurden in 150 ml 2-Butanol bei 40°C über Nacht gerührt. Der entstandene Niederschlag wurde unter Argon abfiltriert und mehrmals mit absolutem Ether gewaschen.

40 Ausbeute: 0,82g (1,5 mmol) 72%, C<sub>25</sub>H<sub>33</sub>FeCl<sub>2</sub>N<sub>5</sub>, Schmelzpunkt: >350°C (Zers.); IR: KBr (cm<sup>-1</sup>) 2963(s), 2925(s), 2871(m), 1615(w), 1578(s), 1449(w), 1402(s), 1373(s), 1362(m), 1267(s), 1223(w), 1202(m), 1105(w), 1026(m), 812(m), 748(s).

45 [2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-isopropylpyrrol-1-ylimin)]-CoCl<sub>2</sub> (43):

0,8g (2,0 mmol) Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-isopropylpyrrol-1-ylimin) (25) und 0,26g (2,0 mmol) Kobalt(II)chlorid wurden in 15 ml THF suspendiert und anschließend zwölf Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Durch vollständige Ausfällung mit Ether und  
5 mehrmaliges Waschen des filtrierten Produktes mit Ether kann die Verbindung analysenrein erhalten werden.

Ausbeute: 0,99g (1,9 mmol) 94%,  $C_{25}H_{33}Cl_2CoN_5$ , Schmelzpunkt:  $>350^{\circ}C$  (Zers.); IR: KBr ( $cm^{-1}$ ) 2963(s), 2925(m), 2871(m), 1624(m),  
10 1578(s), 1447(w), 1402(s), 1373(s), 1362(s), 1333(w), 1269(s), 1204(w), 1103(w), 1026(m), 812(m), 748(s); MS:  $M^+ - Cl = 498$  m/z.

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-(2-methylphenyl))pyrrol-1-ylimin)]-FeCl<sub>2</sub> (44):

15 0,98g (2 mmol) 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-(2-methylphenyl))pyrrol-1-ylimin) (26) und 0,25g (2 mmol) Eisen(II)chlorid wurden in 40 ml Argon gesättigtem 2-Butanol 12 Stunden bei  $40^{\circ}C$  gerührt. Anschließend wurde der entstandene Niederschlag abfil-  
20 triert und mehrmals mit Ether gewaschen.

Ausbeute: 0,80g (1,3 mmol) 65%,  $C_{33}H_{33}FeCl_2N_5$ , Schmelzpunkt:  $>350^{\circ}C$  (Zers.); IR: KBr ( $cm^{-1}$ ) 2952 (w), 2921(w), 1624(w), 1603(w), 1578(w), 1516(m), 1479(w), 1437(m), 1373(s), 1294(m), 1283(m),  
25 1202(w), 1028(w), 806(m), 754(s), 733(m).

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-(2-methylphenyl))pyrrol-1-ylimin)]-CoCl<sub>2</sub> (45):

30 1,4g (2,8 mmol) 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methyl-5-(2-methylphenyl))pyrrol-1-ylimin) (26) und 0,36g (2,8 mmol) Kobalt(II)chlorid wurden 12 Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Der entstandene braune Niederschlag wurde abfiltriert und mehrmals mit Ether gewaschen. Der in THF gelöste Teil des Komplexes wurde anschließend  
35 mit Ether vollständig ausgefällt und abermals abfiltriert.

Ausbeute: 0,69g (1,1 mmol) 39%,  $C_{33}H_{33}Cl_2CoN_5$ , Schmelzpunkt:  $>350^{\circ}C$  (Zers.); IR: KBr ( $cm^{-1}$ ) 2921(w), 1626(m), 1578(m), 1514(m), 1479(w), 1437(w), 1373(s), 1327(w), 1296(m), 1269(w), 1204(m),  
40 1124(w), 1099(w), 1026(m), 810(w), 756(s), 733(m), MS:  $M^+ - Cl = 593$  m/z.

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methylindol-1-ylimin)]-FeCl<sub>2</sub> (46):

45 Zu einer Lösung von 0,12g (0,1 mmol) Eisen(II)chlorid in 50 ml 2-Butanol wurden 0,4g (0,1 mmol) 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methylindol-1-ylimin) (29) gelöst in 100 ml 2-Butanol langsam zuge-



tropft. Nach zwei Stunden Rühren bei 40°C wurde der entstandene Niederschlag unter Argon abfiltriert und anschließend mehrmals mit Ether digeriert.

5 Ausbeute: 277mg (0,5 mmol) 53 %,  $C_{27}H_{25}Cl_2FeN_5$ , Schmelzpunkt: > 350°C (Zers.), IR (KBr)  $cm^{-1}$ : 2917(w), 1609(m), 1574(m), 1555(w), 1476(w), 1452(s), 1373(s), 1344(m), 1321(m), 1306(m), 1271(m), 1225(s), 775(m), 742(s).

10 [2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methylindol-1-ylimin)]-CoCl<sub>2</sub> (47):

0,29g (0,67 mmol) 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2-methylindol-1-ylimin) (29) und 88mg (0,67 mmol) Kobalt(II)chlorid wurden in 50 ml THF gelöst und anschließend zwölf Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Durch vollständige Ausfällung mit Ether, Filtration und mehrmaliges Waschen mit Ether kann das Produkt analysenrein isoliert werden.

Ausbeute: 217mg (0,40 mmol) 58 %,  $C_{27}H_{25}Cl_2CoN_5$ , Schmelzpunkt: > 350°C (Zers.), IR (KBr)  $cm^{-1}$ : 3054(w), 2917(w), 1609(m), 1576(m), 1553(w), 1452(s), 1373(s), 1348(s), 1321(s), 1306(m), 1269(m), 1227(m), 1205(w), 1028(w), 1014(w), 812(m), 775(m), 742(s); MS:  $M^+ - Cl = 514$  m/z.

25 (2,6-Diacetylpyridin-di-carbazol-N-ylimin)-FeCl<sub>2</sub> (48):

15 ml 2-Butanol wurden in ein trockenes Schlenkrohr gegeben und für 5 Minuten mit Argon gespült. Nach der Zugabe von 240 mg 2,6-Diacetylpyridindicarbazol-N-ylimin (30) und 78 mg Eisen(II)chlorid wurde die dunkelbraune Lösung für 2 Stunden bei 80°C gerührt. Nach dem Erkalten wurden das Lösungsmittel abdekantiert und der braune Rückstand am Hochvakuum getrocknet. Ausbeute: 151 mg (49,6 %)  $C_{33}H_{25}N_5FeCl_2$ ; Mr: 618,4 g/mol.

35 (2,6-Diacetylpyridin-di-carbazol-N-ylimin)-CoCl<sub>2</sub> (49):

In 20 ml absolutem Tetrahydrofuran wurden 240 mg 2,6-Diacetylpyridindicarbazol-N-ylimin (30) und 78 mg Eisen(II)chlorid gegeben. Die dunkelbraune Lösung wurde 12 Stunden bei Raumtemperatur gerührt und anschließend wurde das Lösungsmittel am Hochvakuum abgezogen. Ausbeute: 110 mg (87,3 %)  $C_{33}H_{25}N_5CoCl_2$ ; Mr: 621,4 g/mol.

[2,6-Diacetylpyridin-bis-(3,5-dimethyl-1,2,4-triazol-4-ylimin)]FeCl<sub>2</sub> (50):

250 mg 2,6-Diactylpyridin-bis-(2,5-dimethyl-1,2,4-triazol-4-ylimin) (31) und 450 mg Eisen(II)chlorid (5 Äquiv.) wurden in 100 ml absolutem Ethanol gelöst beziehungsweise suspendiert. Die blaue Lösung wurde für 12 Stunden bei 50 °C gerührt und dann das Lösungsmittel am Hochvakuum abgezogen. Violetter Rückstand, 700 mg.

[2,5-Diformylthiophen-bis-(2,5-diisopropylpyrrol-1-ylimin)]-CoCl<sub>2</sub> (51):

- 10 20 ml 2-Butanol wurden in ein trockenes Schlenkrohr gegeben und für 5 Minuten mit Argon gespült. Nach der Zugabe von 250 mg 2,5-Diformylthiophen-bis-(2,5-diisopropylpyrrol-1-ylimin) (32) und 73 mg Kobalt(II)chlorid wurde die dunkelgrüne Lösung für 1 Stunden bei 80° C gerührt. Das Lösungsmittel wurde dann am Hochvakuum abgezogen und der Rückstand gepulvert. Ausbeute: 285 mg (93,2 %) grünes Pulver. C<sub>26</sub>H<sub>36</sub>N<sub>5</sub>SCoCl<sub>2</sub>; Mr: 566,5 g/mol.

f) Polymerisationen

## 20 Ethylenpolymerisation

### Standardpolymerisationsverfahren

- In einem inertisierten Kolben mit mechanischem Rührer und Ethylenleitungsrohr wurden 150 ml (bzw. 250 ml) Toluol vorgelegt. Dazu wurden soviele ml einer 30%igen Lösung von Methylaluminoxan (MAO) in Toluol gegeben, daß man, bezogen auf den später zugesetzten Katalysatorkomplex, 100 Äquivalente einsetzte. gegebenenfalls wurden 12,5 ml (bzw. 25 ml) 1-Hexen zugegeben. Dann wurden 50 mmol (bzw. 100 mmol) des zu untersuchenden Komplexes dazugegeben. Es wurde ein Ethylenstrom von 40 l/h durch die Reaktionslösung geleitet und eine Temperatur von 30°C eingestellt. Nach 1 h wurde die Reaktion durch Zugabe eines Gemisches aus 15 ml konzentrierter Salzsäure und 50 ml Methanol gestoppt. Wenn ein Niederschlag zu beobachten war, wurde der Rückstand gewaschen und anschließend unter leichtem Vakuum getrocknet. War kein Niederschlag zu beobachten, wurden die Phasen getrennt und die polare Phase mit 100 ml Toluol ausgeschüttelt. Die organischen Phasen wurden vereinigt und die flüchtigen Bestandteile am Rotationsverdampfer unter Vakuum entfernt.

In den Tabellen 1 und 2 sind Einzelheiten zu den Polymerisationen von Ethylen mit Eisen- (Tabelle 1) bzw. Cobalt-Katalysatoren (Tabelle 2) dargestellt. Die Tabellen 3 und 4 zeigen die Polymeranalytik des entstandenen Polyethylens (Tabelle 3: Polyethylen mit-

tels Eisenkatalysatoren, Tabelle 4: Polyethylen mittels Cobaltkatalysatoren)

Tabelle 1: Ethylenpolymerisation mit Eisen-Katalysatoren

Polymerisation	Katalysator	Ansatzgröße [ $\mu\text{mol}$ ]	Comonomer	Polymeraustrag [g]	Aktivität <sup>1</sup> [gPE/ mmol-Kat.xh]
V <sup>2</sup> 1	V <sup>3</sup>	100		32	320
V <sup>2</sup> 2	V <sup>3</sup>	100	Hexen	14,5	145
1	37	100		19	190
2	37	50	Hexen	20,2	404
3	34	100		56,5	565
4	34	100	Hexen	69	690
5	48	50		16 (Öl)	320
6	48	50	Hexen	46 (Öl)	920
7	46	50		16	320
8	46	50	Hexen	15,5	310
9	42	50		4	80
10	42	50	Hexen	49	980
11	40	50		3,6	72
12	40	50	Hexen	3,7	74
13	44	50		1,5	30
14	44	50	Hexen	4,8	96
15	35	50		1,0	20

<sup>1</sup> Bei Ölen bezogen auf die isolierbare Ausbeute

<sup>2</sup> Vergleichsversuch

<sup>3</sup> 2,6-Diacetylpyridin-bis-(2,6-dimethylphenylimin)-FeCl<sub>2</sub>

Tabelle 2: Ethylenpolymerisation mit Cobalt-Katalysatoren

Polymerisation	Katalysator	Ansatzgröße [ $\mu\text{mol}$ ]	Comonomer	Polymeraustrag [g]	Aktivität <sup>1</sup> [gPE/ mmol-Kat.xh]
16	36	100		1	10
17	36	100	Hexen	24	240
18	39	100		5	50
19	39	100	Hexen	0,6	6

5	20	49	50		2 (Öl)	40
	21	49	50	Hexen	2,5 (Öl)	50
	22	51	50		0,2 (Öl)	4
	23	51	50	Hexen	0,1 (Öl)	2
	24	47	50		0,2	4
10	25	47	50	Hexen	0,6	12
	26	43	50		8,6	172
	27	43	50	Hexen	11,5	230
	28	41	50		11,2 (Öl)	224
	29	41	50	Hexen	24,2 (Öl)	482
	30	45	50		0,6 (Öl)	12
	31	45	50	Hexen	1,5 (Öl)	30

15 <sup>1</sup> Bei Ölen bezogen auf die isolierbare Ausbeute

Tabelle 3: Polymeranalytik Polyethylen (Eisen-Katalysatoren)

20	Polyme- risation	eta-Wert [dl/g]	DSC <sub>1</sub> [°C]	M <sub>w</sub> <sup>2</sup>	Mn <sup>3</sup>	M <sub>w</sub> /Mn	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
	V <sup>4</sup> 1	2,72	135	318385	7036	45	0,9596
	V <sup>4</sup> 2	2,71	138	245448	4172	59	0,9625
25	1	1,6	131	112907	6483	17,4	0,9600
	2	2,45	131	205544	9298	22,1	0,9541
	3	0,1	118	3401	1273	2,7	0,9241
	4	0,1	117	3251	1440	2,3	0,9283
	7	0,06	63	1509	727	2,1	0,8913
30	8	0,12	63	1477	839	1,8	0,9061
	9	0,44	120	14084	1158	12,2	0,9177
	10	0,61	121	29937	1849	16,2	0,924 <sup>5</sup>
	11	0,22	121	5438	1320	4,1	0,9338
	12	0,21	119	5956	1224	4,9	0,9317
35	13	0,31	123	8183	1329	6,2	0,9387
	14	0,18	119	4737	1356	3,5	0,9387
	15	0,1	117	2281	847	2,7	

<sup>1</sup> Differentialthermoanalyse

<sup>2</sup> gewichtsmittleres Molekulargewicht

40 <sup>3</sup> zahlenmittleres Molekulargewicht

<sup>4</sup> Vergleichsversuch

<sup>5</sup> Hexengehalt: 2,4 mol-%

45 Tabelle 4: Polymeranalytik Polyethylen (Cobalt-Katalysatoren)

Polymeri- sation	eta-Wert [dl/g]	DSC <sub>1</sub> [°C]	M <sub>w</sub> <sup>2</sup>	Mn <sup>3</sup>	M <sub>w</sub> /Mn	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
16	0,1	118	3582	1000	3,6	0,9271
17	0,05	83	879	659	1,3	0,9247
18	0,45	127	13600	3181	4,3	0,9605
19	0,48	126	9564	2735	3,5	0,9721
24	0,13	120	5896	1478	4,0	0,9333
25	0,1	65	1323	719	1,8	0,8948
26	0,27	124	4985	1949	2,6	0,9563
27	0,17	123	4565	1796	2,5	0,9528

<sup>1</sup> Differentialthermoanalyse

<sup>2</sup> gewichtsmittleres Molekulargewicht

<sup>3</sup> zahlenmittleres Molekulargewicht

Die Polymerisate der Polymerisationen 3 und 4 sowie der Polymerisationen 5 und 6 wurden NMR-spektroskopisch (mittels <sup>1</sup>H- und <sup>13</sup>C NMR-Spektroskopie) genauer untersucht. Die Tabellen 5 bzw. 6 zeigen die entsprechenden Daten.

Tabelle 5: NMR-spektroskopisch ermittelte Daten der Polymerisate der Polymerisationen 3 und 4:

25

Verzweigungstypen (in Methylen-Gruppen/1000C)

Polymeri- sation	Σ Me- thyl- verzw. <sup>1</sup>	Σ Ethyl- verzw. <sup>1</sup>	Σ Bu- tyl- verzw. <sup>1</sup>	Σ Pen- tyl- verzw. <sup>1</sup>	Σ >C <sub>6</sub> -Ver- zw. <sup>1</sup>	Gesamt- summe Me/1000 C <sup>2</sup>
3	3,5	0,8	0	3,4	15,9	23,6
4 <sup>3</sup>	6,9	1,9	9,1	6,2	26,8	50,9

<sup>1</sup> Summe der entsprechenden Verzweigungen

<sup>2</sup> Gesamtsumme an Methylen-Gruppen pro 1000 C-Atome

<sup>3</sup> Die Probe enthält 1,8 mol-% Hexen

40

Doppelbindungen/1000C

Polymerisa- tion	VinylDB <sup>4</sup>	transDB 4
3	18	1,7
4	8,5	10,1

45

4 Anzahl Doppelbindungen pro 1000 C-Atome

Tabelle 6: NMR-spektroskopisch ermittelte Daten der Polymerisate der Polymerisationen 5 und 6:

5

Verzweigungstypen (in Methylen-Gruppen/1000C)

10

Polymerisation	$\Sigma$ Methylen- verz. 1	$\Sigma$ Ethyl- verz. 1	$\Sigma$ Butyl- verz. 1	$\Sigma$ -C <sub>6</sub> -Verz. 1	Gesamt- summe Me/1000C <sup>2</sup>
5	19	71	11	80	181
6	17	71	15	79	182

15 <sup>1</sup> Summe der entsprechenden Verzweigungen

<sup>2</sup> Gesamtsumme an Methylen-Gruppen pro 1000 C-Atome

Doppelbindungen/1000C

20

Polymerisation	Vinyl	Vinyliden	cis/ trans	CH=C<
5	1,1	0,2	4,3	0,6
6	1,1	0,2	4,8	0,4

25

Oligomere: Polymerisation von Ethylen mit Komplex 20

Nach der Polymerisation wurde die Reaktionslösung mit Methanol/HCl aufgearbeitet und die wäßrige Phase von der Toluolphase getrennt. Ein kleiner Teil der organischen Phase wurde unbehandelt bezüglich der Zusammensetzung untersucht. Der Rest wurde aufgearbeitet, indem das Lösungsmittel im Vakuum entfernt wurde. Man erhält 2g eines Öls. Sowohl die unbehandelte Phase als auch das Öl wurden gaschromatographisch untersucht. Tabelle 7 zeigt die ermittelte Verteilung der Kohlenstoffketten.

35

Einwaage toluolische Lösung: 0,3892g, Einwaage Öl: 0,2467g

Tabelle 7:

40

Verteilung in mg in der Probe:

45

Probe	<C <sub>6</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>18</sub>	>C <sub>18</sub>
Lösung	3	7,1	9,8	7,2	4	1,9	0,9	0,4	0,4
Öl					14,4	67,4	73,2	45,1	36,6

Selektivitäten in %

Probe	<C <sub>6</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>18</sub>	>C <sub>18</sub>
Lösung	8,6	20,5	28,5	20,7	11,5	5,5	2,6	1,2	1,2
Öl					6,1	28,5	30,9	19	15,5

- 5 Es ist offensichtlich, daß bei der Aufarbeitung der Probe die niedermolekularen, leicht flüchtigen Anteile zusammen mit dem Lösungsmittel entfernt wurden. Die nicht aufgearbeitete Probe besitzt praktisch keine Bestandteile, die mehr als 18 Kohlenstoffatome aufweisen.

10

#### Propenpolymerisation

- 15 Die Propenpolymerisation wurde analog der Ethylenpolymerisation durchgeführt, wobei Propylen statt Ethylen verwendet wurde.

Katalysator: Komplex 34, Ansatzgröße: 50 mmol, Polymeraustrag: 15g (Öl), Aktivität (gPE/mmolKatxh): 300.

- 20 g) Trägerkatalysatoren:

#### Trägerherstellung

- 25 Zu einer Suspension von 160 g Kieselgel (ES70X, Crosfield) in 1500 ml Heptan wurden innerhalb von 1 h 170 ml einer 2 molaren Lösung von Trimethylaluminium in Heptan getropft. Es wurde für 1 h gerührt und anschließend abfiltriert. Der Rückstand wurde zweimal mit Heptan gewaschen und dann im Vakuum getrocknet.

- 30 Beladung

- 35 Zu einer Suspension von 10 g des Hergestellten Trägers in 35 ml Toluol wurden 119 mg des Komplexes 34 und 6,8 ml Methylaluminoxan (MAO; 30%-ige Lösung in Toluol) zugegeben. Man ließ 30 min. rühren, filtriert ab, wusch den Rückstand zweimal mit Toluol und trocknete anschließend den Rückstand im Vakuum. Man erhielt den Katalysator als rieselfähiges Pulver.

#### Polymerisation

- 40 In einem gerührten 1l-Stahlautoklaven wurden nach sorgfältigem Spülen mit Stickstoff und Temperieren auf die Polymerisationstemperatur von 70°C 450 ml iso-Butan und 60 mg MAO (als 30%-ige Lösung in Toluol) vorgelegt. Dann wurden 176 mg des geträgerten Katalysators mit weiteren 50 ml iso-Butan eingespült und Ethylen auf einen Gesamtdruck von 38 bar aufgepreßt. Der Druck im Autoklaven wurde durch Nachdosierung von Ethylen konstant gehalten. Nach 90 min. wurde die Polymerisation durch Entspannen der Poly-

merisationsmischung im Autoklaven abgebrochen. Man erhält 120 g Polyethylen; eta-Wert: 0,6 dl/g.

In den folgenden Figuren zeigt:

5

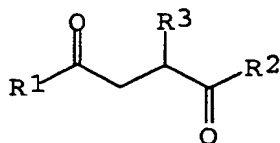
Figur 1: 1,4-Diketone: 1 - 7, N-Acetamid-Pyrrole: 8 - 11, N-Amino-Heterocyclen: 12 - 21; Me = Methyl, i-Pr = Isopropyl, Ph = Phenyl, o-Tol = ortho-Tolyl, R = Me

10 Figur 2: Liganden: 22 - 32; Me = Methyl, i-Pr = Isopropyl, Ph = Phenyl, o-Tol = ortho-Tolyl

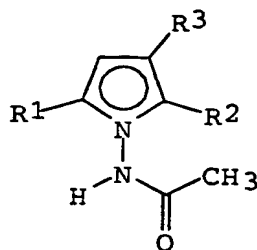
Figur 3: Metallkomplexe: 34 - 52; Me = Methyl, i-Pr = Isopropyl, Ph = Phenyl, o-Tol = ortho-Tolyl

15

20

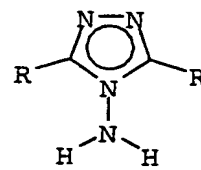
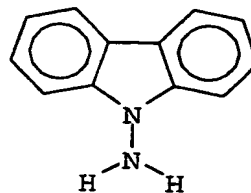
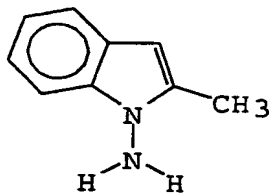
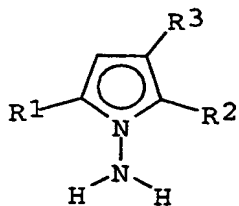


- 1  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$   
 2  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$   
 3  $R^1 = \text{Me}, R^2 = \text{Ph}, R^3 = \text{H}$   
 4  $R^1 = \text{Me}, R^2 = \text{i-Pr}, R^3 = \text{H}$   
 5  $R^1 = \text{Me}, R^2 = \text{o-Tol}, R^3 = \text{H}$   
 6  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$   
 7  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$



- 8  $R^1 = \text{Me}, R^2 = \text{Ph}, R^3 = \text{H}$   
 9  $R^1 = \text{Me}, R^2 = \text{i-Pr}, R^3 = \text{H}$   
 10  $R^1 = \text{Me}, R^2 = \text{o-Tol}, R^3 = \text{H}$   
 11  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$

30



35

- 12  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$   
 13  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$   
 14  $R^1 = \text{Me}, R^2 = \text{Ph}, R^3 = \text{H}$   
 15  $R^1 = \text{Me}, R^2 = \text{i-Pr}, R^3 = \text{H}$   
 16  $R^1 = \text{Me}, R^2 = \text{o-Tol}, R^3 = \text{H}$   
 17  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$   
 18  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$

19

20

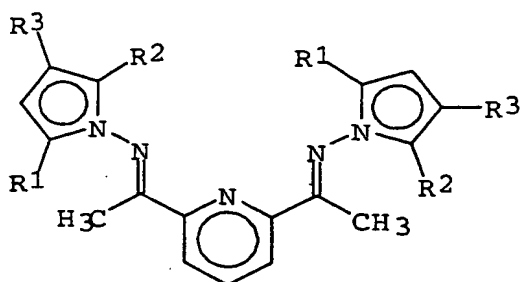
21

Figur 1

45



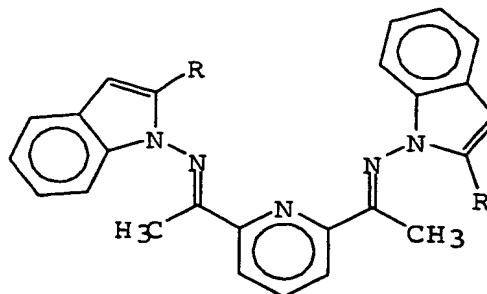
5



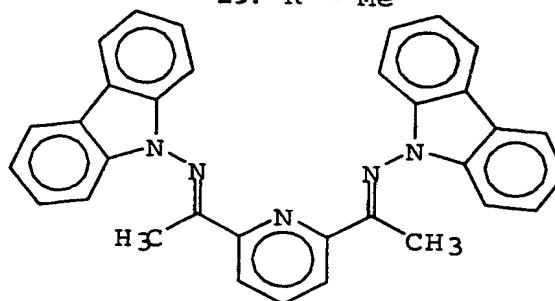
10

- 22  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$   
 23  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$   
 24  $R^1 = \text{Me}, R^2 = \text{Ph}, R^3 = \text{H}$   
 25  $R^1 = \text{Me}, R^2 = i\text{-Pr}, R^3 = \text{H}$   
 26  $R^1 = \text{Me}, R^2 = o\text{-Tol}, R^3 = \text{H}$   
 27  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$   
 28  $R^1 = R^2 = \text{Me}, R^3 = \text{H}$

15



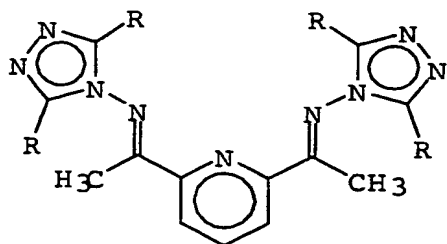
29:  $R = \text{Me}$



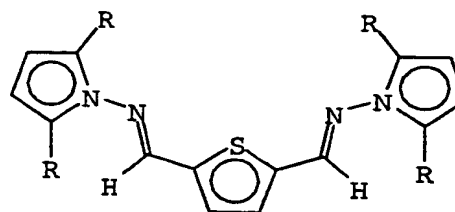
30

20

25



31:  $R = \text{Me}$



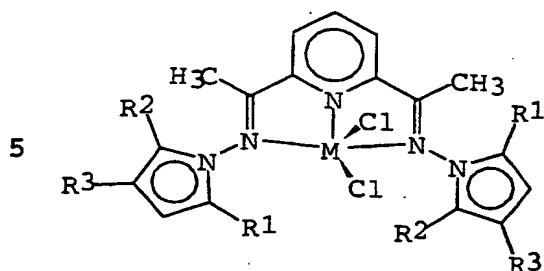
32:  $R = i\text{-Pr}$

30 Figur 2

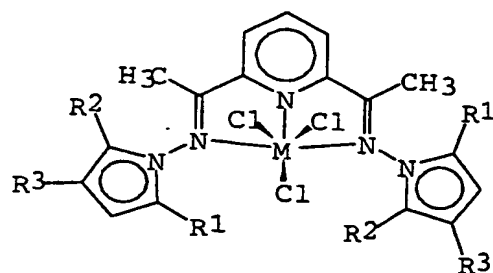
35

40

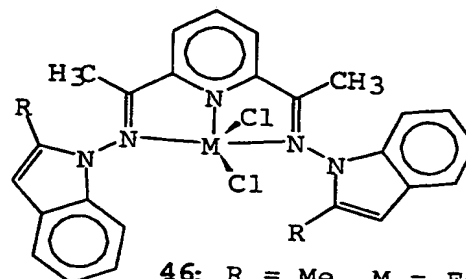
45



- 10  
15  
20
- 34  $R^1=R^2=Me, R^3=H, M=Fe(II)$   
 36  $R^1=R^2=Me, R^3=H, M=Co(II)$   
 37  $R^1=R^2=i-Pr, R^3=H, M=Fe(II)$   
 39  $R^1=R^2=i-Pr, R^3=H, M=Co(II)$   
 40  $R^1=Me, R^2=Ph, R^3=H, M=Fe(II)$   
 41  $R^1=Me, R^2=Ph, R^3=H, M=Co(II)$   
 42  $R^1=Me, R^2=i-Pr, R^3=H, M=Fe(II)$   
 43  $R^1=Me, R^2=i-Pr, R^3=H, M=Co(II)$   
 44  $R^1=Me, R^2=o-Tol, R^3=H, M=Fe(II)$   
 45  $R^1=Me, R^2=o-Tol, R^3=H, M=Co(II)$   
 38  $R^1=R^2=Ph, R^3=H, M=Co(II)$   
 39  $R^1=R^2=R^3=Ph, M=Co(II)$

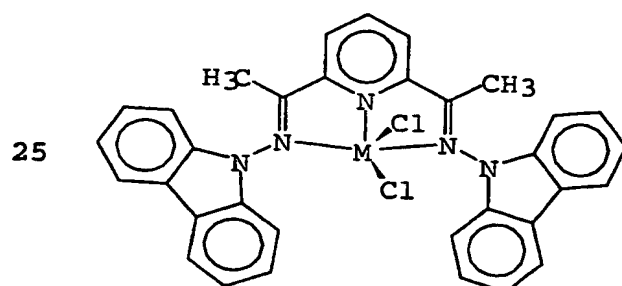


- 35  $R^1=R^2=Me, R^3=H, M=Fe(III)$   
 38  $R^1=R^2=i-Pr, R^3=H, M=Fe(III)$

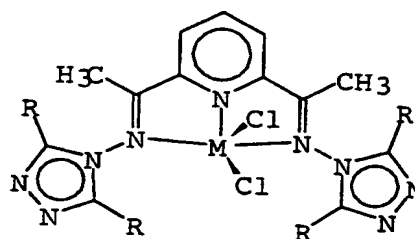


- 46:  $R = Me, M = Fe(II)$   
 47:  $R = Me, M = Co(II)$

20

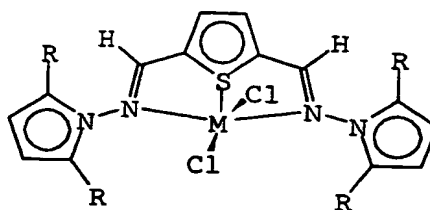


- 30
- 48:  $M = Fe(II)$   
 49:  $M = Co(II)$



- 50:  $R = Me, M = Fe(II)$

35



- 51:  $R = i-Pr, M = Co(II)$

40 Figur 3

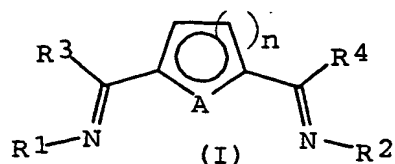
45

## Patentansprüche

1. Verbindungen der allgemeinen Formel (I)

5

10



in der die Symbole die folgende Bedeutung haben:

15

A Nichtmetall ausgewählt aus N, S, O und P

R<sup>1</sup> Reste der allgemeinen Formel NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup>,

20

R<sup>2</sup> Reste der allgemeinen Formel NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup> oder NR<sup>7</sup>R<sup>8</sup>, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste,

25

R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup> bilden gemeinsam mit dem N-Atom einen 5-, 6- oder 7-gliedrigen Ring, in dem eine oder mehrere der -CH- oder -CH<sub>2</sub>-Gruppen durch geeignete Heteroatomgruppen ersetzt sein können, der gesättigt, ungesättigt und unsubstituiert, substituiert oder mit weiteren carbacyclischen oder heterocarbacyclischen 5- oder 6-gliedrigen Ringen, die ihrerseits gesättigt oder ungesättigt und substituiert oder unsubstituiert sein können, anelliert sein kann, und

30

R<sup>7</sup> und R<sup>8</sup> unabhängig voneinander Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste,

35

und

R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup> unabhängig voneinander H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste,

40

und

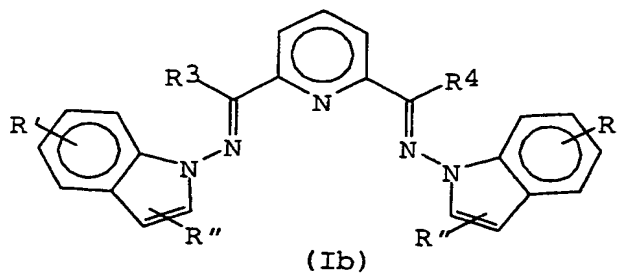
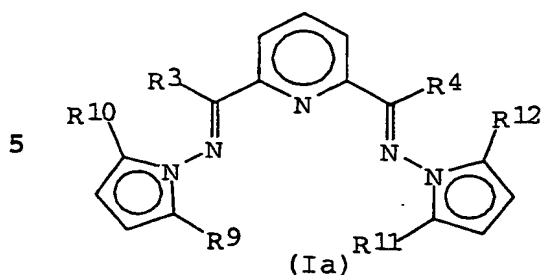
n 1 oder 2.

45

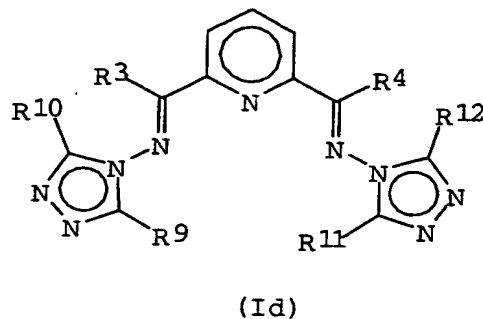
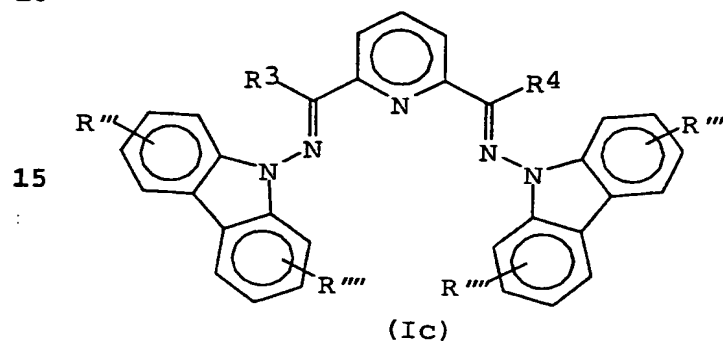
2. Verbindungen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reste der allgemeinen Formel NR<sup>5</sup>R<sup>6</sup> Pyrrol- oder von Pyrrol abgeleitete Reste, worin eine oder mehrere -CH-Gruppen im Pyrrolring durch Stickstoff ausgetauscht sein können, sind, die

unsubstituiert, substituiert oder mit weiteren carbacyclischen oder heterocarbacyclischen 5- oder 6-gliedrigen Ringen, die ihrerseits gesättigt oder ungesättigt und substituiert oder unsubstituiert sein können, anelliert sein können.

- 5
3. Verbindungen nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Pyrrol- oder von Pyrrol abgeleiteten Reste in der 2- und 5-Position mit C<sub>1</sub>- bis C<sub>6</sub>-Alkylgruppen, die linear, verzweigt und mit Heteroatomen substituiert sein können, und/oder Arylgruppen, die unsubstituiert oder ihrerseits mit Heteroatomen oder C<sub>1</sub>- bis C<sub>6</sub>-Alkylgruppen, die heteroatomsubstituiert sein können, substituiert sind.
- 10
4. Verbindungen nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Pyrrolreste oder von Pyrrol abgeleiteten Reste in der 2- oder 5-Position substituiert sind mit elektronenziehenden Resten, ausgewählt aus
- 15
- Halogen,
  - 20 - NO<sub>2</sub>,
  - Sulfonate, ausgewählt aus
  - 25 - SO<sub>3</sub>R\*,
  - SO<sub>3</sub>SiR\*<sub>3</sub> oder
  - SO<sub>3</sub><sup>-</sup> (H-NR\*<sub>3</sub>)<sup>+</sup>
  - 30 - Trihalogenmethyl,
- wobei R\* gleich oder verschieden sein können und ausgewählt wird aus H, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkyl, C<sub>6</sub>-C<sub>20</sub>-Aryl oder C<sub>5</sub>-C<sub>8</sub>-Cycloalkyl.
- 35
5. Verbindungen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in der allgemeinen Formel (I) gemäß Anspruch 1 A = N und n = 2 ist.
- 40
6. Verbindungen nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie einer der allgemeinen Formeln (Ia), (Ib), (Ic) oder (Id):



10



20

worin

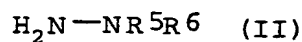
$R^3$ ,  $R^4$  unabhängig voneinander H, Alkyl- oder Arylreste,

25 und

$R^9$ ,  $R^{10}$ ,  $R^{11}$  und  $R^{12}$  unabhängig voneinander  $C_1$ - bis  $C_6$ -Alkylreste bedeuten, und

30  $R'$ ,  $R''$ ,  $R'''$ ,  $R''''$  H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste bedeuten, angehören.

7. Verfahren zur Herstellung von symmetrischen Verbindungen der  
35 allgemeinen Formel (I) gemäß Anspruch 1, worin  $R^1 = R^2$  ist, durch Umsetzung von Verbindungen der allgemeinen Formel (II)



40

worin

$R^5$  und  $R^6$  gemeinsam mit dem N-Atom einen 5-, 6- oder 7-gliedrigen Ring bilden, in dem eine oder mehrere der -CH- oder -CH<sub>2</sub>-Gruppen durch geeignete Heteroatomgruppen ersetzt sein können, der gesättigt, ungesättigt und unsubstituiert, substituiert oder mit weiteren carbacyclischen

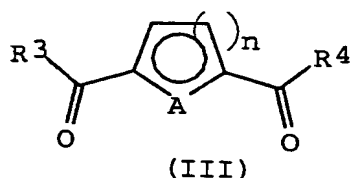
45

oder heterocarbacyclischen 5- oder 6-gliedrigen Ringen, die ihrerseits gesättigt oder ungesättigt und substituiert oder unsubstituiert sein können, anelliert sein kann,

5

mit Verbindungen der allgemeinen Formel (III)

10



15

worin

$R^3$ ,  $R^4$  unabhängig voneinander H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste sind, und

20

A S, N, O oder P ist, und

n 1 oder 2 ist,

25

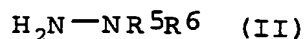
in einem einstufigen Verfahren unter sauren Reaktionsbedingungen in alkoholischer Lösung oder unter Aluminiumtrialkyl-Katalyse in einem aprotischen Lösungsmittel in einem Verhältnis der Verbindung der allgemeinen Formel (II) zu der Verbindung der allgemeinen Formel (III) von 2 : 0,7 bis 1,3.

30

8. Verfahren zur Herstellung von unsymmetrischen Verbindungen der allgemeinen Formel (I) gemäß Anspruch 1, worin  $R^1 \neq R^2$  ist, in einem zweistufigen Verfahren, in dem

35

a) in einer ersten Stufe Verbindungen der allgemeinen Formel (II)



40

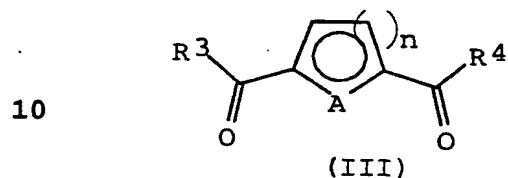
worin

45

$R^5$  und  $R^6$  gemeinsam mit dem N-Atom einen 5-, 6- oder 7-gliedrigen Ring bilden, in dem eine oder mehrere der -CH- oder -CH<sub>2</sub>-Gruppen durch geeignete Heteroatomgruppen ersetzt sein können, der gesättigt, ungesättigt und unsubstituiert, substituiert oder mit weiteren carbacyclischen oder heterocarbacyclischen 5- oder 6-gliedrigen Ringen,

die ihrerseits gesättigt oder ungesättigt und substituiert oder unsubstituiert sein können, anelliert sein kann,

5 mit Verbindungen der allgemeinen Formel (III)



15 worin

$R^3$ ,  $R^4$  unabhängig voneinander H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste sind, und

20 A S, N, O oder P ist, und

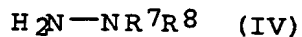
n 1 oder 2 ist,

25 in einem Verhältnis der Verbindungen der allgemeinen Formel (II) zu den Verbindungen der allgemeinen Formel (III) von 1 : 0,8 bis 1,2 unter sauren Bedingungen in alkoholischer Lösung zu dem entsprechenden Monoimin umgesetzt werden und das Lösungsmittel anschließend im Vakuum entfernt wird,

und

30 b) das Monoimin in einer zweiten Stufe mit Verbindungen der allgemeinen Formel (II), die sich von den in Stufe a) eingesetzten Verbindungen der allgemeinen Formel (II) unterscheiden, oder mit Verbindungen der allgemeinen Formel (IV)

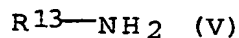
35



40 worin

$R^7$  und  $R^8$  unabhängig voneinander Alkyl-, ein Aryl- oder Cycloalkylreste sind,

45 oder mit Aminen der allgemeinen Formel (V)

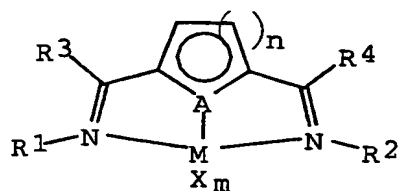


worin

$R^{13}$  ein Alkyl-, ein Aryl- oder ein Cycloalkylrest ist,

in aprotischer Lösung unter Aluminiumtrialkylkatalyse in einem Verhältnis des Monoamins zu einer Verbindung der allgemeinen Formel (II), (IV) oder (V) von 1 : 0,8 bis 1,2 umgesetzt wird.

9. Verbindungen der allgemeinen Formel (VI),



(VI)

worin die Symbole die folgende Bedeutung haben

A Nichtmetall ausgewählt aus N, S, O und P

$R^1$  Reste der allgemeinen Formel  $NR^5R^6$ ,

$R^2$  Reste der allgemeinen Formel  $NR^5R^6$ ,  $NR^7R^8$  oder Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste,

$R^5$  und  $R^6$  bilden gemeinsam mit dem N-Atom einen 5-, 6- oder 7-gliedrigen Ring, in dem eine oder mehrere der -CH- oder -CH<sub>2</sub>-Gruppen durch geeignete Heteroatomgruppen ersetzt sein können, der gesättigt, ungesättigt und unsubstituiert, substituiert oder mit weiteren carbacyclischen oder heterocarbacyclischen 5- oder 6-gliedrigen Ringen, die ihrerseits gesättigt oder ungesättigt und substituiert oder unsubstituiert sein können, anelliert sein kann, und

$R^7$ ,  $R^8$  unabhängig voneinander Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste,

und



$R^3$ ,  $R^4$  unabhängig voneinander H, Alkyl-, Aryl- oder Cycloalkylreste,

n 1 oder 2;

M Übergangsmetall der Gruppe 7, 8, 9 oder 10 des Periodensystems der Elemente,

und

X ein Halogenid oder ein  $C_1$ - bis  $C_6$ -Alkylrest,

m Wertigkeit des Metalls.

10. Verbindungen nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß  $M = Fe$  oder  $Co$  und  $m = 2$  ist.

11. Verfahren zur Herstellung von Verbindungen der allgemeinen Formel (VI) gemäß Anspruch 9, durch Umsetzung von entsprechenden Verbindungen der allgemeinen Formel (I) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit Übergangsmetallsalzen von Metallen der Gruppen 7, 8, 9 oder 10 des Periodensystems der Elemente.

12. Verwendung von Verbindungen der allgemeinen Formel (VI) gemäß Anspruch 9 oder 10 als Katalysatoren in einem Verfahren zur Polymerisation ungesättigter Verbindungen.

13. Verfahren zur Herstellung von Polyolefinen durch Polymerisation ungesättigter Verbindungen in Anwesenheit eines Aktivators und einer Verbindung der allgemeinen Formel (VI) gemäß Anspruch 9 oder 10 als Katalysator.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Katalysator in der Polymerisation homogen in Lösung oder heterogen auf einen Träger immobilisiert vorliegt.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß Methylaluminoxan oder N,N-Dimethylanilinium-tetrakis(pentafluorophenyl)borat als Aktivator eingesetzt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine ungesättigte Verbindung oder eine Kombination ungesättigter Verbindungen ausgewählt aus Ethylen,  $C_3$ - bis  $C_{20}$ -Monoolefinen, und Cycloolefinen eingesetzt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß Acrylnitril und Styrol als Comonomere eingesetzt werden oder folgende Kombinationen ungesättigter Verbindungen: Ethylen und ein Alkylacrylat, insbesondere Methylacrylat, Ethylen und eine Acrylsäure, Ethylen und Kohlenmonoxid, Ethylen, Kohlenmonoxid und ein Acrylatester oder eine Acrylsäure, insbesondere Methylacrylat sowie Propylen und Alkylacrylat, insbesondere Methylacrylat.
- 10 18. Polyolefin, herstellbar in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17.

15

20

25

30

35

40

45

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Appl. No.

PCT/EP 00/07657

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C07F15/02 C07F15/06 C08F4/70 C08F10/00 C07D213/53  
C07D401/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C07F C07D C08F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, CHEM ABS Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 99 12981 A (DORER BIRGIT ANGELIKA ; GIBSON VERNON CHARLES (GB); KIMBERLEY BRIAN) 18 March 1999 (1999-03-18) cited in the application page 50	1, 9, 12, 13, 18

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 November 2000

Date of mailing of the international search report

28/11/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bader, K

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/07657

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9912981 A	18-03-1999	AU 8878398 A	29-03-1999
		EP 1015501 A	05-07-2000
		NO 20001116 A	04-05-2000
		AU 2738499 A	27-09-1999
		AU 2738599 A	27-09-1999
		AU 2738699 A	27-09-1999
		AU 2738799 A	27-09-1999
		WO 9946308 A	16-09-1999
		WO 9946302 A	16-09-1999
		WO 9946303 A	16-09-1999
		WO 9946304 A	16-09-1999

# INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/07657

## A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 C07F15/02 C07F15/06 C08F4/70 C08F10/00 C07D213/53  
C07D401/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C07F C07D C08F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, CHEM ABS Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 99 12981 A (DORER BIRGIT ANGELIKA ; GIBSON VERNON CHARLES (GB); KIMBERLEY BRIAN) 18. März 1999 (1999-03-18) in der Anmeldung erwähnt Seite 50	1,9,12, 13,18

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. November 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bader, K

# INTERNATIONAL RESEARCH REPORT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Abkürzungszeichen

PCT/EP 00/07657

Im Research Report angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9912981 A	18-03-1999	AU 8878398 A	29-03-1999
		EP 1015501 A	05-07-2000
		NO 20001116 A	04-05-2000
		AU 2738499 A	27-09-1999
		AU 2738599 A	27-09-1999
		AU 2738699 A	27-09-1999
		AU 2738799 A	27-09-1999
		WO 9946308 A	16-09-1999
		WO 9946302 A	16-09-1999
		WO 9946303 A	16-09-1999
		WO 9946304 A	16-09-1999